

Technical Paper

Rancang Bangun Mesin Pemanen Udang (*Penaeus sp.*)*Design of A Vacuum-Type Shrimp (*Penaeus sp.*) Harvester*

Rizki Maulaya, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor,
Email : rizki_maulaya@yahoo.com

Sam Herodian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor,
Email s_herodian@yahoo.com

Abstract

Shrimp quality is influenced by several factors including the harvesting process. So far, the harvesting process for shrimp in Indonesia is still done manually. This research aims to design a vacuum-type shrimp harvester to improve the efficiency and effectiveness of shrimp harvesting. So that shrimp quality can be maintained high. Stages of this research started from the problems identification, design analysis, prototyping, and functional test. This design used a vacuum system that is applied starting from the inlet channel, tanks, to the outlet channel. By using centrifugal water pump, commodities in pond were inhaled and trapped in the tank without passing through the impeller. In addition, this design also used a vacuum pump to maintain pressure in the system, to solve the undetected leaks on the system. From the data obtained, the highest flow rate was 5.27 l/s with suction speed of 0.65 m/s, while the lowest flow rate was 4.75 l/s with suction speed of 0.59 m/s. Commodity that can be inhaled by this prototype is shrimp that has burst speed ranging in average of its suction speed, ie 0.61 m/s. It needs the next research to make the other harvesting mechanism to avoid the undetected leaks on the system.

Keywords: *harvester, vacuum, shrimp, burst speed, design*

Abstrak

Kualitas udang sangat dipengaruhi oleh keseluruhan proses budi daya, termasuk proses pemanenan. Sejauh ini proses pemanenan udang tambak di Indonesia masih menggunakan cara tradisional. Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun mesin pemanen udang tipe vakum dengan mekanisme baru untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pemanenan sehingga mutu udang dapat terjaga dengan baik. Tahapan penelitian ini dimulai dari identifikasi permasalahan, desain dan analisis rancangan, pembuatan *prototype*, dan pengujian fungsional. Desain ini menggunakan sistem vakum yang diterapkan mulai dari saluran inlet, tangki penampungan, sampai saluran *outlet*. Dengan menggunakan pompa air sentrifugal, komoditas yang ada di tambak dihisap dan diperangkap dalam tangki penampungan tanpa melalui impeller pompa. Selain itu, desain ini juga menggunakan pompa vakum untuk menjaga tekanan di dalam sistem. Hal ini bertujuan untuk mengatasi kebocoran yang sulit diseksi pada sistem. Dari data yang diperoleh, debit aliran tertinggi mencapai 5.27 l/s dengan kecepatan hisap sebesar 0.65 m/s. Sedangkan debit aliran terendah 4.75 l/s dengan kecepatan hisap sebesar 0.59 l/s. Dengan demikian, komoditas yang dapat dihisap dengan mesin ini hanyalah udang yang memiliki kecepatan renang yang berkisar pada kecepatan hisap rata-rata mesin, yakni 0.61 l/s. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai mekanisme pemanenan udang tipe vakum untuk menghindari kebocoran yang sulit dideteksi.

Kata kunci: mesin pemanen, vakum, udang, kecepatan renang, desain

Diterima: 25 Oktober 2012; Disetujui: 20 Februari 2013

Pendahuluan

Udang merupakan komoditas sektor perikanan yang memiliki posisi penting bagi perekonomian di Indonesia dengan pemasaran di dalam maupun di luar negeri. Jenis udang yang banyak mendapatkan perhatian adalah jenis udang yang termasuk dalam keluarga *Panaeidae*. Dalam perdagangan, jenis ini

terbagi menjadi dua kelompok yaitu udang putih (*Banana prawns*) dan udang harimau/windu (*Tiger prawns*). Selain dari jenis tersebut, sedikitnya masih terdapat sekitar tujuh jenis udang lain, akan tetapi memiliki harga pasaran yang lebih rendah jika dibandingkan dengan kedua jenis sebelumnya. Udang yang akan dikonsumsi harus memiliki kualitas yang baik. Oleh karena itu, keseluruhan proses

produksi menjadi hal yang sangat diperhatikan agar diperoleh produk yang berkualitas tinggi, salah satu proses yang terpenting adalah pemanenan.

Sejauh ini mekanisme pemanenan udang masih menggunakan cara manual, baik pada proses pemanenan sebagian maupun pemanenan total. Cara yang paling modern untuk memanen udang adalah dengan menggunakan jaring (*trawl*) yang di bagian mulutnya dialiri arus listrik dan ditarik oleh 3-4 orang dengan mengelilingi tambak. Hal ini selain dapat mengakibatkan udang stress yang pada akhirnya berdampak pada kematian, juga beresiko bagi pemanen yang harus masuk ke dalam tambak (Mujiman dan Suyanto, 2004).

Kendala yang dihadapi dalam pemanenan hasil perikanan adalah banyaknya sumber daya manusia yang dibutuhkan sedangkan ketersediaannya relatif rendah. Dengan cara manual, tenaga kerja yang dibutuhkan cukup banyak, bisa berkisar 8-14 orang untuk satu tambak seluas 5000 m² (Marsen 2010). Hal ini akan mengakibatkan biaya produksi menjadi tinggi. Selain itu, kendala lain yang dihadapi adalah hasil panen yang masih banyak mengalami kecacatan dan tingkat mortalitas yang tinggi yakni lebih dari 5%. Meskipun sudah menerapkan pemanen mekanis namun kendala ini masih belum teratasi sepenuhnya.

Pada penelitian sebelumnya (Hamdani 2005), mekanisme mesin pemanen udang masih menggunakan pompa air tipe *sub-mersible pump* di mana komoditas yang dipanen dihisap dan didistribusikan ke *hopper* melewati *impeller* pompa. Mekanisme ini mengakibatkan komoditas

banyak yang mengalami kerusakan akibat gesekan dan benturan dengan *impeller* pompa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pompa pada mesin pemanen udang jenis sentrifugal dengan sudu ulir mengerucut memiliki efisiensi pemanenan berdasarkan tingkat kelulusan hidup udang sebesar 75%. Nilai ini terbilang rendah, sehingga perlu ada penyempurnaan lebih lanjut agar diperoleh hasil yang lebih baik. Salah satu langkah yang dilakukan adalah perbaikan dan modifikasi sistem yang digunakan pada mesin pemanen udang yang sudah ada, sehingga hal ini akan meningkatkan efisiensi dan efektivitas pemanenan dengan tingkat kelulusan hidup komoditas yang tinggi.

Pada penelitian selanjutnya (Gumilang 2011), telah dibuat rancangan sistem penghisap pada mesin pemanen udang dan ikan dengan mekanisme baru yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pemanenan dengan tingkat mortalitas komoditas rendah. Dari penelitian ini diperoleh tingkat kelulusan hidup udang sebesar 98.9%. Hal ini karena komoditas yang dipanen masuk ke dalam *hopper* tanpa melalui *impeller* pompa, sehingga kerusakan yang terjadi pada komoditas dapat diminimalisir. Hasil penelitian ini akan dilanjutkan dengan pembuatan mesinnya agar dapat diuji performansi dan feasibility penggunaannya di lapangan. Secara khusus, untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi pemanenan, perlu dihindari kebocoran tekanan dan penggunaan sistem vakum.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun mesin pemanen udang dengan sistem pemanenan baru yang lebih efisien dan efektif sehingga dapat menghasilkan mutu udang yang baik. Dalam hal ini, topik yang diteliti oleh penulis adalah rancang bangun mesin tipe vakum sampai menghasilkan prototipe dan uji fungsional.

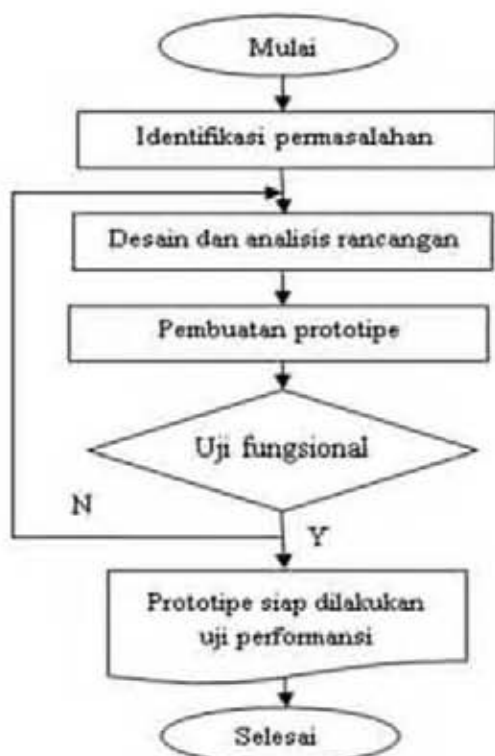
Bahan dan Metode

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat pabrikan mesin untuk pembuatan mesin dan PC beserta piranti lunak pendukung (CATIA V520 dan Proteus 7.0) untuk perancangan mesin. Adapun bahan yang digunakan untuk konstruksi mesin antara lain motor bensin, pompa air sentrifugal, pompa vakum, besi poros, roda, selang, pipa PVC, besi (plat, *hollow*, kanal U, strip, pipa), PVC *ball valve*, mur dan baut, lem paralon, lem besi, dempul, akrilik, perpak, PCB, LED, transistor, IC NE555, diode, saklar, *solenoid valve*, *napple*, *Tupperware*, pipa aluminium, *adapter*, dan kabel.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode pendekatan rancangan secara umum seperti yang disajikan dalam diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir tahapan penelitian

Tabel 1. Rancangan fungsional mesin pemanen udang tipe vakum

No	Fungsi	Nama Komponen	Struktur
1	Memindahkan air dan komoditas dari kolam penampung menuju tangki penampungan.	Pompa air	Power 3.1 kW, speed 3600 RPM, totalhead hisap 8 m, delivery volume 620 l/min, connection diameter 2 inchi.
2	Menampung ikan atau udang sementara dari hasil hisapan pompa air.	Tangki penampungan	Volume 200 liter, terbuat dari besi plat 2 mm.
3	Mempertahankan keadaan vakum dalam sistem dengan cara menghisap udara yang masuk ke dalam sistem dan membuangnya ke lingkungan.	Pompa vakum	Pumping speed 1 l/s, power: motor listrik 0.186 kW. Dijalankan secara otomatis dengan rangkaian otomasi.
4	Mendistribusikan aliran fluida ke dalam dan keluar tangki penampungan.	Saluran distribusi	Saluran inlet 4 inchi, saluran outlet, perpindahan, dan buang 2 inchi. Bahan: selang spiral PVC.
5	Sebagai penyangga dan dudukan bagian-bagian mesin.	Rangka mesin	Bahan: besi hollow, besi plat, besi strip, besi siku, dan besi kanal U yang memiliki ketebalan berbeda. Overall dimension: 2.17 m x 0.77 m x 1.78 m
6	Membantu mobilisasi mesin dari satu tempat ke tempat lain.	Roda mobilisasi	80/100-17M/C 46 P dengan velg gerobak.

Berikut metode yang dilakukan pada penelitian ini.

Identifikasi permasalahan.

Secara teknis, permasalahan khusus dari desain mesin ini adalah mekanisme kontinyu yang digunakan agar udang dapat terhisap dan dipindahkan ke wadah penampungan dengan mudah serta mengalami kerusakan seminimal mungkin. Hal ini tentu saja harus disesuaikan dengan karakteristik udang yang akan dipanen, dimana jenis dan ukuran udang sangat beragam. Jika dipandang dari aspek sosial maka hubungannya adalah keterkaitan penggunaan mesin ini dengan penyerapan tenaga kerja bagi pengguna. Jika dilihat dari aspek lingkungan, maka mesin ini harus didesain agar tidak mencemari lingkungan tambak dan masyarakat yang ada di sekitarnya. Fokus yang dilakukan adalah menghindari dampak ekologi negatif yang berhubungan dengan kualitas air yang terbatas pada BOD (*Biological Oxygen Demand*), N (*Nitrogen*), dan P (*Phosphor*). Selain itu, tingkat kebocoran pada pengisapan udang-air perlu diatasi dengan baik. Salah satunya adalah dengan cara penghisapan tekanan vakum.

Analisis fungsional.

Fungsi utama dan fungsi pendukung dari mesin ini disusun, Kalau dipilih mekanisme dan komponen yang dapat mengerjakan fungsi-fungsi tersebut. Fungsi-fungsi utama tersebut kemudian dijadikan dasar untuk membuat komponen-komponen utama dari mesin pemanen udang tipe vakum ini.

Analisis struktural.

Analisis struktural dilakukan untuk menentukan rancangan struktural mesin dengan bentuk dan ukuran yang sudah jelas. Rancangan struktural merupakan perwujudan dari rancangan fungsional yang telah ditentukan sebelumnya. Dalam hal ini, dibutuhkan data-data pendukung yang dapat berupa hasil pengamatan, pengukuran langsung, pendapat para ahli, paten, jurnal ilmiah, dan sebagainya. Mesin pemanen udang ini dirancang secara struktural agar berfungsi dengan baik, mudah dibawa dan dipindahkan, serta tidak memerlukan space yang terlalu besar.

Uji kinerja.

Metode pengujian yang digunakan adalah metode uji kinerja dari masing-masing elemen mesin yang telah digabungkan. Parameter uji yang digunakan adalah debit keluaran air dan terhisap atau tidaknya komoditas. Apabila tidak berfungsi secara baik maka akan dilakukan desain dan analisis rancangan kembali.

Kriteria Rancangan

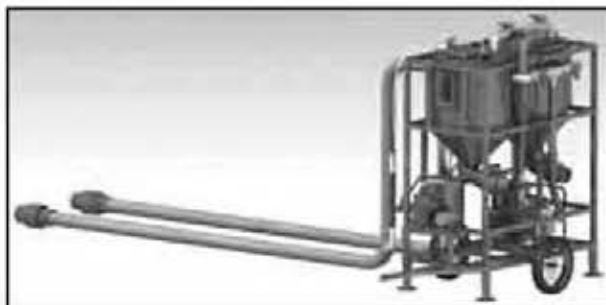
Adanya mesin pemanen udang dan ikan dengan sistem penghisap yang baru ini diharapkan kapasitas pemanenan dapat mencapai 3.78 ton/jam. Udang yang dipanen merupakan jenis udang windu atau udang putih yang memiliki *size* 30, artinya dalam tiap 1 kg panen terdapat 30 ekor udang. Biasanya udang dengan ukuran seperti ini secara morfologi memiliki panjang tubuh sebesar 13-14 cm, sedangkan saat berenang panjang tubuhnya akan lebih pendek karena struktur abdomen yang melengkung.

Prinsip kerja mesin ini didesain dengan mekanisme hisapan melalui saluran tertentu. Udang memiliki kecenderungan melawan arus ketika dihisap. Maka yang dijadikan parameter desain pada mesin ini adalah lebar dan tinggi udang yang kurang dari 10 cm. Sehingga perlu dibuat saluran yang mampu menghisap udang dengan dimensi tubuh maksimum saat berenang melawan arus hisap.

Selain itu lebar mesin pun tidak lebih dari 120 cm, menimbang pematang antara pada tambak biasanya memiliki lebar 2 m. Mesin ini pun didesain agar tidak mencemari lingkungan sekitar tambak, khususnya terhadap kualitas air sehingga penggunaan bahan kimia yang mempengaruhi BOD, N, dan P pada air harus dihindari.

Rancangan Fungsional dan Struktural

Mesin pemanen udang dengan sistem penghisap yang baru berfungsi sebagai mesin pemanen dengan tingkat kelulusan komoditas panen yang tinggi yakni lebih dari 95%. Setelah menentukan rancangan fungsional, maka selanjutnya dibuatlah rancangan struktural mesin. Pada tahap ini dibuat desain komponen-komponen utama mesin dengan bentuk, ukuran atau spesifikasi tertentu



Gambar 2. Rancangan tiga dimensi mesin pemanenan udang tipe vakum



Gambar 3. Prototipe mesin pemanen udang tipe vakum

serta perhitungan analisis teknik pada beberapa komponen. Namun pada penerapannya, ada beberapa komponen yang memang sudah ada di pasaran, sehingga dalam tahap ini yang dibahas bukan bentuk dan ukurannya, melainkan dasar pemilihan komponen. Uraian fungsi dan struktural dari komponen mesin pemanen udang tipe vakum dapat dilihat pada Tabel 1.

Untuk merancang struktur mesin, telah dilakukan analisis kebutuhan tekanan hisap, menyangkut debit dan kecepatan aliran hisapan pada pipa penghisap. Selanjutnya juga telah dihitung kebutuhan spesifikasi pompa vakumnya. Setelah menentukan rancangan fungsional dan struktural, maka dibuatlah konseptualisasi gambar secara keseluruhan dari mesin ini dengan menggunakan piranti lunak CATIA V5. Gambar 2 menunjukkan rancangan tiga dimensi dari mesin pemanen udang tipe vakum ini. Setelah itu, dilakukan proses manufaktur sesuai dengan bahan dan dimensi yang telah ditentukan pada analisis rancangan.

Pengujian Kinerja Mesin

Pengambilan data untuk debit dan kecepatan aliran ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan mesin dalam menghisap udang. Data debit yang diperoleh kemudian diperhitungkan untuk memperoleh data kecepatan, tekanan, dan jenis aliran dari bilangan Reynold yang diketahui. Pengukuran debit menggunakan metode volumetrik, artinya debit diperoleh dengan mengukur volume per satuan waktu secara langsung menggunakan wadah tertentu. Pengukuran debit secara volumetrik dapat dijelaskan dengan persamaan di bawah ini:

$$Q \text{ (l/det)} = \frac{V \text{ (l)}}{t \text{ (detik)}}$$

Pada penelitian ini, wadah yang digunakan untuk pengukuran debit berupa bak *stainless steel* yang memiliki volume sebesar 147 liter. Sedangkan kecepatan yang dihitung adalah kecepatan hisap dimana ikan atau udang masuk ke dalam mesin (ujung saluran *inlet*). Kecepatan aliran dapat dihitung dengan parameter debit aliran dan luas penampang selang hisap seperti yang dijelaskan pada persamaan di bawah ini:

$$v \text{ (m/det)} = \frac{Q \text{ (m}^3\text{/det)}}{A \text{ (m}^2\text{)}}$$

Pengambilan data dilakukan pada kedua tangki secara bergantian dengan men-*switch* keran perpindahan. Pengulangan dilakukan sebanyak empat kali untuk setiap tangki, dimana setiap ulangan (*batch*) dilakukan sepuluh kali pengambilan data.

Pada uji kinerja, komoditas yang digunakan adalah ikan mas yang dimensi tubuhnya mendekati

udang, yakni dengan panjang tubuh 10-13 cm sebanyak 150 ekor.

Hasil dan Pembahasan

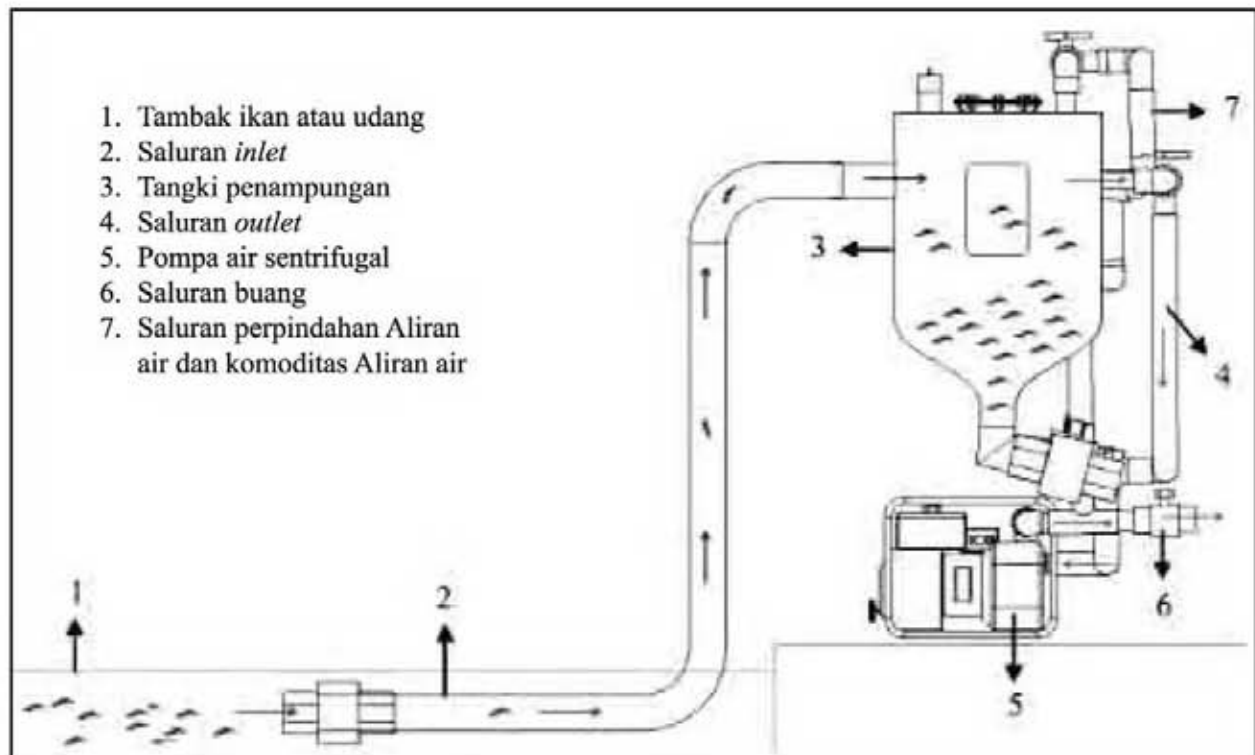
Mesin pemanen udang memang telah ada dan dibuat dengan tujuan meningkatkan efisiensi dan efektivitas pemanenan namun masih memiliki kendala, yaitu tingkat kecacatan dan tingkat mortalitas yang terjadi masih tinggi. Hal tersebut terjadi dikarenakan komoditas yang dipanen melewati impeler pompa pemanen sehingga terjadi kontak fisik secara langsung antara komoditas yang dipanen dengan logam yang bergerak. Rancangan ini merupakan tindak lanjut dari penelitian sebelumnya (Gumilang, 2011) mengenai mekanisme sistem penghisap baru yang dihasilkan untuk mesin pemanen udang dan ikan. Prototipe mesin pemanen udang tipe vakum ini ditunjukkan oleh Gambar 3.

Prinsip Kerja Mesin

Mesin ini terdiri dari beberapa komponen utama yang memiliki fungsi masing-masing. Seluruh komponen yang telah dibuat harus beroperasi dengan baik agar mesin dapat berfungsi sesuai dengan rancangan awal. Setiap mesin memiliki prinsip kerja tertentu sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Adapun prinsip kerja dari mesin pemanen udang ini disajikan pada Gambar 4.

Prinsip kerja dari mesin pemanen ini dijelaskan pada uraian berikut:

- a. Pada awal pengoperasian, pemanenan hanya dioperasikan pada tangki 1 saja. Pada kondisi ini, saluran *inlet* baik yang terhubung dengan tangki 1 maupun tangki 2 harus berada di dalam tambak.
- b. Tangki 1 diisi penuh oleh air yang dimasukkan melalui lubang *intake*.
- c. Jika air sudah penuh maka selanjutnya pompa air dinyalakan. Pada kondisi ini, pastikan bahwa keran-keran yang ada pada saluran *outlet* dan saluran buang harus dalam keadaan terbuka agar air dapat mengalir melalui tangki 1 dan membuangnya kembali ke tambak. Sedangkan keran perpindahan harus dalam keadaan tertutup.
- d. Saat mesin beroperasi, air dan komoditas di dalam tambak (1) dihisap menggunakan pompa air melalui saluran *inlet* (2) menuju tangki penampungan (3).
- e. Komoditas yang masuk ke dalam tangki terperangkap, artinya tidak dapat keluar dari tangki karena pada lubang *outlet* dipasang filter berupa kawat berjaring. Sedangkan air terus mengalir keluar tangki melalui saluran *outlet* (4) menuju pompa air (5). Disinilah akhir dari aliran *suction* pompa air.
- f. Air yang keluar dari pompa (*discharge*) kemudian dapat didistribusikan keluar sistem (kembali ke tambak) melalui saluran buang (6) atau ke tangki 2 melalui saluran perpindahan (7) untuk pengoperasian *batch* berikutnya.
- g. Pengoperasian pada tangki 1 terus dilakukan hingga perbandingan komoditas pemanenan



Gambar 4. Prinsip kerja mesin pemanen udang tipe vakum

dan air sebesar 1:2 tampak dari jendela indikator pada tangki penampungan. Jika perbandingan tersebut sudah tercapai, maka pengoperasian dipindah ke tangki 2.

- h. Untuk memindahkan operasi pemanenan ke tangki 2, cara yang dilakukan adalah dengan membuka saluran perpindahan dan menutup saluran buang sehingga air yang pada awalnya dibuang ke tambak dapat dipindahkan ke tangki 2.
- i. Saat melakukan perpindahan operasi pemanenan, lubang *intake* pada tangki 2 harus dalam keadaan terbuka. Jika air pada tangki 2 sudah penuh, selanjutnya keran pada saluran outlet di-*switch* kemudian keran buang dibuka dan keran perpindahan ditutup. Maka operasi pemanenan berpindah ke tangki 2.
- j. Dan seterusnya.

Debit dan Kecepatan Aliran Sebelum Instalasi Pompa Vakum

Berdasarkan pengukuran dan perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh grafik pengukuran debit aliran seperti yang disajikan pada Gambar 5.

Berdasarkan data yang diperoleh diketahui bahwa terjadi penurunan debit aliran yang cukup drastis saat mesin dioperasikan. Penurunan ini diakibatkan oleh kebocoran yang terjadi pada beberapa bagian, seperti pada lubang *intake*, sambungan antara selang dengan pipa, sambungan perpipaan dan keran (*valve*), sambungan las pada tangki, sehingga kondisi sistem pada mesin ini tidak 100% dalam kondisi vakum. Kebocoran ini sangat sulit dideteksi walaupun sudah dilakukan uji kompresi udara pada sistem dengan tekanan tertentu. Jika kebocoran ini terus dialami oleh mesin maka akan menimbulkan kerugian teknis seperti rusaknya impeller pompa karena terjadi kavitasi.

Dari grafik pada Gambar 5, terlihat penurunan debit aliran yang cukup besar dalam selang waktu tertentu. Pada tangki pertama, debit tertinggi yang diperoleh sebesar 3.11 l/s dengan kecepatan hisap sebesar 0.38 m/s. Sedangkan pada tangki 2 debit aliran tertinggi yang diperoleh sebesar 4.02

l/s dengan kecepatan hisap sebesar 0.50 m/s. Semakin lama waktu operasi, debit aliran semakin menurun. Pada tangki 1, debit terendah diperoleh sebesar 1.09 l/s dengan kecepatan hisap sebesar 0.13 m/s. Sedangkan pada tangki 2, debit terendah diperoleh sebesar 1.25 l/s dengan kecepatan hisap sebesar 0.15 m/s. Kondisi ini tidak memungkinkan untuk dapat menghisap komoditas pemanenan secara kontinyu.

Uji Fungsional Menggunakan Komoditas

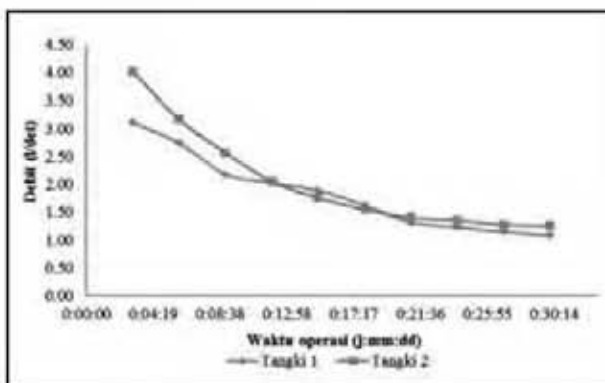
Karena terjadi penurunan debit aliran yang cukup drastis saat pengujian, maka ikan terhisap ke dalam tangki penampungan hanya di awal pengoperasian saja. Hal ini dapat terjadi karena ada beberapa kebocoran pada sistem, sehingga udara dari lingkungan masuk ke dalam dan mengubah tekanan di dalam sistem. Tekanan yang meningkat di dalam sistem menyebabkan debit air menurun, dengan begitu kapasitas pemanenan pun menurun.

Kebocoran dalam sistem harus dihindari agar mesin dapat berjalan dengan baik. Secara visual kebocoran pada mesin ini tidak tampak jelas. Oleh karena itu, dilakukanlah uji kompresi udara yang ke dalam sistem dengan tekanan sebesar 1.5 bar. Dari uji kompresi tersebut, terlihat kebocoran di beberapa sambungan mesin. Setelah diperbaiki dan diuji kompresi kembali, kebocoran tersebut sudah tidak tampak. Namun ketika dilakukan pengujian di lapangan, ternyata penurunan debit aliran pada mesin tetap terjadi. Hal ini karena memang masih ada kebocoran yang belum terdeteksi, baik secara visual maupun dengan uji kompresi udara. Jika kondisinya seperti ini maka diperlukan solusi yang mampu menghilangkan pengaruh kebocoran tersebut, yakni penggunaan pompa vakum.

Debit dan Kecepatan Aliran Setelah Instalasi Pompa Vakum

Pompa vakum yang dipasang berjenis *rotary vane-type vacuum pump* dengan *pumping speed* sebesar 1 l/s. Pompa vakum ini hanya diaplikasikan pada tangki 2 terlebih dahulu, menimbang performansi tangki 2 lebih baik dibanding tangki 1 pada pengujian debit aliran sebelum instalasi pompa vakum. Jika instalasi pada tangki 2 telah berhasil, maka akan diaplikasikan juga pada tangki 1. Instalasi pompa vakum ini bertujuan untuk menghisap udara yang masuk ke dalam sistem sehingga tekanan dan debit aliran tetap terjaga.

Pada pengujian debit berikutnya, mesin ini harus dihubungkan dengan sumber tegangan 220 Volt untuk menjalankan otomasi pompa vakum yang telah dirancang. Selama pengujian berlangsung, otomasi pompa vakum berjalan dengan baik. Saat mesin beroperasi dalam selang waktu tertentu, pompa vakum menyala secara otomatis. Hal ini menunjukkan bahwa *level probes* bekerja dengan baik saat membaca tinggi muka air minimum dalam tangki penampungan. Begitu juga saat tinggi



Gambar 5. Grafik pengukuran debit aliran sebelum instalasi pompa vakum

muka air di dalam tangki penampungan mencapai maksimum, maka pompa vakum mati secara otomatis. Pompa vakum ini menyala berulang kali dengan durasi berkisar antara 14-18 detik. Selama operasi pemanenan berlangsung, tidak ada air yang melewati *solenoid valve*.

Setelah pompa vakum ini dipasang, ternyata terjadi perubahan yang signifikan dibanding pengujian debit aliran sebelumnya. Dari data pengukuran dan perhitungan, dapat diketahui debit tertinggi dapat mencapai 5.27 l/s dengan kecepatan hisap sebesar 0.65 m/s. Sedangkan debit terendah yaitu 4.75 l/s dengan kecepatan hisap sebesar 0.59 m/s. Dengan kondisi seperti ini dapat disimpulkan bahwa komoditas yang dapat dihisap oleh mesin ini adalah udang yang memiliki kecepatan renang (*burst speed*) berkisar pada kecepatan hisap mesin rata-rata, yakni 0.61 m/s dengan debit aliran rata-rata sebesar 4.97 l/s. Dengan demikian, mesin ini belum mampu menghisap udang yang akan dipanen secara keseluruhan, melihat kecepatan renang udang berkisar antara 0.541-1.147 m/s. Perbandingan debit aliran antara sebelum dan setelah instalasi pompa vakum pada tangki 2 dapat dilihat pada Gambar 6.

Tekanan dan Jenis Aliran

Tekanan yang terjadi di dalam sistem akan mengalami perubahan, hal ini dikarenakan adanya perubahan penampang hidraulik, yaitu pembesaran yang terjadi dari penampang hidraulik dengan ukuran diameter 4 inchi menjadi penampang hidraulik dengan ukuran diameter 60 cm. Nilai tekanan ini dapat diketahui dengan menggunakan persamaan:

$$p = \rho gh$$

$$p_1 v_1 = p_2 v_2$$

Nilai tekanan yang diperoleh pada kedua penampang hidraulik tersebut sangat jauh berbeda. Nilai tekanan pada penampang hidraulik yang berukuran kecil adalah sebesar 78.40 kPa, sedangkan tekanan yang terjadi pada penampang hidraulik yang berukuran besar (tangki) adalah sebesar 15.92 kPa.

Jenis aliran yang terjadi sebelum dan setelah instalasi pompa vakum sangat berbeda. Sebelum instalasi pompa vakum, jenis aliran yang terjadi ada tiga jenis, yaitu aliran turbulen, aliran transisi, dan aliran laminer. Aliran jenis turbulen terjadi pada penampang hidraulik kecil selama operasi, yaitu pada selang dengan diameter 4 inchi, karena bilangan Reynold dari aliran yang terjadi lebih besar dari 4000 yang merupakan batas minimal dari bilangan Reynold aliran turbulen. Nilai bilangan Reynold yang terjadi berkisar antara 13197.43 sampai 79184.61. Pada penampang yang besar (tangki) terjadi aliran laminer, transisi, dan turbulen. Aliran laminer terjadi jika nilai bilangan Reynold

kurang dari 2300 sedangkan aliran transisi terjadi pada nilai bilangan Reynold berkisar antara 2300 sampai 4000. Nilai bilangan Reynold yang terjadi pada penampang besar berkisar antara 1755.89 sampai 8889.12.

Setelah instalasi pompa vakum, jenis aliran yang terjadi adalah aliran turbulen. Jenis aliran ini terjadi selama operasi mesin baik pada saluran *inlet* maupun tangki. Pada saluran *inlet* nilai bilangan Reynold yang terjadi berkisar antara 54842.31 sampai 85554.00. Sedangkan pada tangki nilai bilangan Reynold yang terjadi berkisar antara 7293.68 sampai 11378.15. Nilai bilangan Reynold dan jenis aliran ini diperoleh dengan mempergunakan persamaan:

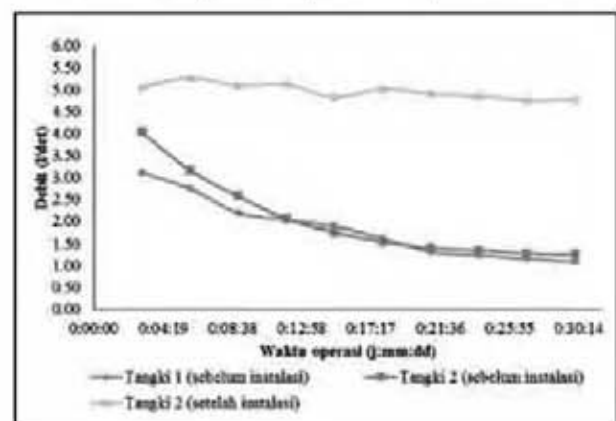
$$Re = \frac{u L}{\nu}$$

Nilai bilangan Reynold yang mengalami perubahan sangat signifikan sebelum instalasi pompa vakum disebabkan oleh penurunan debit aliran saat pengujian. Perbedaan yang cukup besar antara penampang hidraulik kecil dan penampang hidraulik besar, baik sebelum dan setelah instalasi pompa vakum mengakibatkan kondisi turbulensi saat perubahan ukuran penampang hidraulik, yakni dari penampang yang berdiameter kecil menuju penampang berdiameter besar.

Simpulan dan Saran

Simpulan

1. Prototipe mesin pemanen udang tipe vakum telah dibuat dan diuji.
2. Pada pengujian fungsional pertama sebelum instalasi pompa vakum, terjadi penurunan debit aliran yang cukup drastis. Pada pipa 1, debit tertinggi yang diperoleh sebesar 3.11 l/s dengan kecepatan hisap sebesar 0.38 m/s, sedangkan debit terendah diperoleh sebesar 1.09 l/s dengan kecepatan hisap sebesar 0.13 m/s. Pada tangki 2, debit aliran tertinggi yang diperoleh sebesar 4.02 l/s dengan kecepatan hisap sebesar 0.50



Gambar 6. Grafik perbandingan debit sebelum dan setelah instalasi pompa vakum

m/s, sedangkan debit terendah diperoleh sebesar 1.25 l/s dengan kecepatan hisap sebesar 0.15 m/s.

3. Setelah instalasi pompa vakum pada tangki 2, diperoleh debit aliran rata-rata yang dihasilkan sebesar 4.97 l/s dengan kecepatan hisap 0.61 m/s. Mesin ini belum efektif untuk diaplikasikan di lapangan, melihat kecepatan renang udang yang akan dipanen berkisar antara 0.541-1.147 m/s.

Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai mekanisme pemanenan udang tipe vakum untuk menghindari kebocoran yang sulit dideteksi. Pada analisis rancangan, kemungkinan pengaruh kebocoran dalam sistem dapat diperhitungkan sehingga penentuan kebutuhan *pumping speed* dan daya *engine* pada pompa dapat disesuaikan dengan target yang diharapkan.
2. Untuk pengembangan selanjutnya, bentuk tangki dapat dibuat tanpa sudut agat tekanan menyebar rata, serta perlu dilakukan pengecilan diameter saluran *inlet* untuk meningkatkan kecepatan hisap.
3. Pada sistem otomasi pompa vakum perlu ditambahkan jendela indikator pada *safety tank* agar dapat diketahui volume air yang masuk.

Daftar Pustaka

- Gumilang, T.J. 2011. *Perancangan Mekanisme Sistem Penghisap pada Mesin Pemanen Udang dan Ikan* [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Hamdani, C. 2005. *Rancang bangun pompa pemanen udang jenis sentrifugal dengan sudu ulir mengerucut* [skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Marsen, R. 2010. Proses pemanenan udang putih. <http://www.ricomarsen.wordpress.com/2010/04/06/proses-pemanenan-udang-putih/>. [21 Januari 2013]
- Mujiman, dan Suyanto. 2004. *Budidaya Udang Windu*. Jakarta: Penebar Swadaya.