

**PENGARUH LAMA PEMBERIAN KEJUTAN SUHU PANAS
(HEAT SHOCK) TERHADAP
LAJU PERTUMBUHAN BENIH LOBSTER AIR TAWAR
(*Cherax quadricarinatus*)**

**SKRIPSI
BUDIDAYA PERAIRAN**

Oleh :
HARUMI RAHMI WIDIATI
0510852005



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERIKANAN
MALANG
2007**

**PENGARUH LAMA PEMBERIAN KEJUTAN SUHU PANAS
(HEAT SHOCK) TERHADAP
LAJU PERTUMBUHAN BENIH LOBSTER AIR TAWAR
(*Cherax quadricarinatus*)**

Skripsi Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Perikanan pada
Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya

Oleh :

HARUMI RAHMI WIDIATI

0510852005

Menyetujui,

DOSEN PENGUJI I

DOSEN PEMBIMBING I

(Ir. MAHENO SRI WIDODO, MS)

(Ir. AGOES SOEPRIJANTO, MS)

Tanggal : _____

Tanggal : _____

DOSEN PENGUJI II

DOSEN PEMBIMBING II

(Ir. BAMBANG SUSILO WIDODO)

(Ir. ABDUL RAHEM FAQIH, MS)

Tanggal : _____

Tanggal : _____

KETUA JURUSAN MSP

Ir. MAHENO SRI WIDODO, MS

Tanggal :

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|----------------|
| KATA PENGANTAR | i |
| RINGKASAN | iii |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR TABEL | vi |
| DAFTAR GAMBAR | vii |
| DAFTAR LAMPIRAN | viii |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 7 |
| 1.4 Kegunaan Penelitian | 7 |
| 1.5 Hipotesis | 7 |
| 1.6 Tempat dan Waktu Penelitian | 7 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | 8 |
| 2.1 Biologi Lobster Air Tawar (<i>Cherax quadricarinatus</i>) | 8 |
| 2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi | 8 |
| 2.1.2 Habitat dan Daerah Penyebaran | 12 |
| 2.2 Pertumbuhan dan Molting | 13 |
| 2.2.1 Pertumbuhan | 13 |
| 2.2.2 Molting | 15 |
| 2.3 Hubungan Suhu dan Stres Terhadap Pertumbuhan | 19 |
| 2.4 Kejutan Suhu Panas (<i>Heat Shock</i>) | 22 |
| 2.5 Heat Shock proteins | 25 |
| 2.5 Kualitas Air | 26 |
| III. MATERI DAN METODE PENELITIAN | 31 |
| 3.1 Materi Penelitian | 31 |
| 3.1.1 Alat Penelitian | 31 |
| 3.1.2 Bahan Penelitian | 31 |
| 3.2 Metode dan Rancangan Penelitian | 31 |
| 3.2.1 Metode Penelitian | 31 |
| 3.2.2 Bentuk Rancangan Penelitian | 32 |
| 3.3 Prosedur Penelitian | 33 |
| 3.3.1 Persiapan Penelitian | 33 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3.2 Pelaksanaan Penelitian | 34 |
| 3.3.3 Denah Penelitian | 35 |
| 3.3.4 Parameter Uji | 35 |
| 3.4 Analisa Data | 36 |
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN | 37 |
| 4.1 Laju Pertumbuhan Spesifik (SGR)..... | 37 |
| 4.2 Kelulushidupan (SR)..... | 45 |
| 4.3 Kualitas Air | 47 |
| 4.2.1 Suhu | 47 |
| 4.2.2 Oksigen terlarut | 48 |
| 4.2.3 pH | 48 |
| V. KESIMPULAN DAN SARAN | 50 |
| 5.1 Kesimpulan | 50 |
| 5.2 Saran | 51 |
| DAFTAR PUSTAKA | 52 |
| LAMPIRAN | 56 |



KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji dan syukur kehadiran ALLAH SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-NYA, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini.

Tujuan laporan ini adalah sebagai salah satu syarat agar penulis mendapatkan gelar sarjana dalam bidang perikanan. Dalam hal penulisan skripsi ini, penulis menyadari bahwa penyusunan laporan skripsi ini masih banyak kekurangannya. Oleh karena itu, penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya kepada para pembaca dan mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun baik untuk laporan skripsi ini ataupun diri sendiri. Dan penulis berharap semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca maupun penulis.

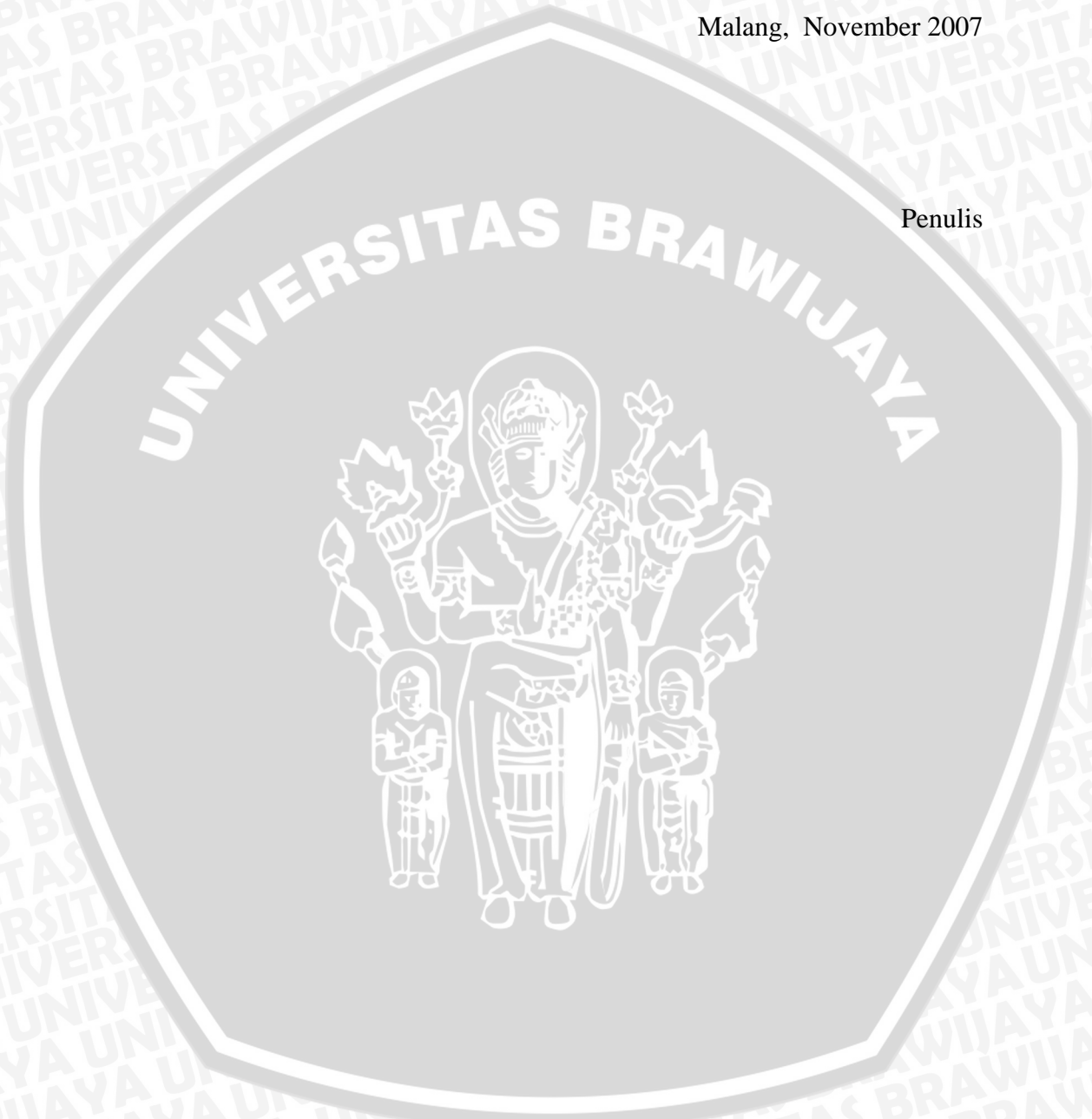
Pada kesempatan ini, perkenankan penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua yang tercinta atas semua pengorbanan dan kasih sayang yang tak ternilai serta dukungan yang takkan pernah habis dimakan oleh waktu.
2. Ir. Agoes Soeprijanto, MS., dan Ir. Abdul Rahem Faqih, MSi., selaku dosen pembimbing atas segala kesabaran, saran dan bimbingannya selama ini.
3. Semua teman-teman baik di kampus maupun di tempat kos yang telah memberi dorongan dan bantuan atas terselesainya skripsi ini.

Semoga semua kebaikan dan ketulusan pihak-pihak yang telah membantu mendapat balasan dari ALLAH SWT. Dan akhirnya penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat dan berguna khususnya bagi penulis dan umumnya bagi kita semua.

Malang, November 2007

Penulis



RINGKASAN

HARUMI RAHMI WIDIATI Skripsi tentang Lama Pemberian Kejutuan Suhu Panas (*heat shock*) Yang Berbeda Terhadap Laju Pertumbuhan Benih Lobster air Tawar (*Cherax quadricarinatus*) dibawah bimbingan **Ir. AGOES SOEPRIJANTO, MS dan Ir. ABDUL RAHEM FAQIH, MSi.**

Permintaan pasar akan lobster air tawar di dalam negeri bisa dikatakan cukup tinggi dan prospek pasar luar negeri masih terbuka lebar, tetapi produksi domestik belum dapat memenuhi kebutuhan pasar tersebut. Hal ini terkait dengan masih kecilnya hasil produksi lobster air tawar oleh petani dalam negeri. Untuk mempertinggi hasil produksi lobster air tawar tersebut diperlukan upaya-upaya yang baru selain dengan penyediaan benih-benih lobster air tawar yang berkualitas juga dengan mencari perlakuan-perlakuan yang dapat memacu pertumbuhannya. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan memberikan perlakuan pemberian kejutuan suhu panas.

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Juli sampai Agustus 2007, bertempat di Laboratorium Biologi Reproduksi, Pembenihan dan Pemuliaan Ikan Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya Malang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 macam perlakuan lama pemberian kejutuan suhu panas yaitu A (1 menit), B (1,5 menit), C (2 menit), D (2,5 menit), dan E sebagai kontrol tanpa diberikan perlakuan lama pemberian kejutuan suhu panas dengan ulangan sebanyak 3 kali untuk masing-masing perlakuan.

Penelitian ini menunjukkan bahwa diketahui bahwa perlakuan lama pemberian kejutuan suhu panas yang berbeda memberikan pengaruh yang sangat berbeda nyata terhadap laju pertumbuhan sesaat lobster air tawar. Perlakuan A mengalami kenaikan rata-rata laju pertumbuhan sesaat sebesar 0.45978%/BW/hari, perlakuan B sebesar

0.52178%/BW/hari, perlakuan C sebesar 0.66002%/BW/hari, dan perlakuan D sebesar 0.86241%/BW/hari. Untuk perlakuan kontrol mempunyai nilai rata-rata laju pertumbuhan sesaat adalah 0.41043%/BW/hari. Dari semua perlakuan yang diberikan, perlakuan D (lama pemberian kejutan suhu panas 2,5 menit) memberikan hasil yang terbaik yaitu sebesar 0.86241%/BW/hari dari pertumbuhan normal yang hanya sebesar 0.41043%. Lama pemberian kejutan suhu panas yang berbeda ini tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap jumlah kelulushidupan (SR) lobster air tawar yang mencapai 100%.

Pengaruh perlakuan lama pemberian kejutan suhu panas yang berbeda terhadap laju pertumbuhan sesaat lobster air tawar diperoleh hubungan linier dengan persamaan $Y = 0,15486 + 0,26922$ dengan korelasi r sebesar 0,70280. Dalam penelitian ini kualitas air tidak berpengaruh terhadap perlakuan dikarenakan masih dalam batas toleransi yang masih diterima oleh lobster air tawar. Kisaran rata-rata suhu 23 – 28,6 °C, oksigen terlarut (DO) rata-rata 4 – 5,15 mg/l, dan pH rata-rata 7 – 7,40.

Disarankan bagi para petani lobster air tawar agar mendapatkan laju pertumbuhan sesaat yang lebih cepat, sebaiknya menggunakan perlakuan lama pemberian kejutan suhu panas (*heat shock*) selama 2,5 menit dengan suhu 36 °C terhadap lobster air tawar yang dibudidayakan.

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lobster yang dikenal oleh masyarakat selama ini adalah lobster yang berasal dari tangkapan di laut dan belum bisa dibudidayakan. Selain lobster air laut, ada juga lobster air tawar yang memiliki ukuran dan bentuk tubuh hampir sama dengan lobster air laut. Lobster air tawar memiliki keunggulan yang lebih dibandingkan dengan lobster air laut karena lobster air tawar sudah bisa dibudidayakan sedangkan lobster air laut belum bisa dibudidayakan. Bila dibandingkan dengan sesama udang air tawar, teknik pembudidayaan lobster air tawar lebih mudah dibandingkan pembudidayaan udang windu dan udang galah (Wiyanto dan Hartono, 2003).

Pada awal kedatangannya, lobster air tawar di Indonesia diperkenalkan sebagai bagian dari lingkup bisnis ikan hias karena lobster air tawar memiliki bentuk tubuh yang unik, warna tubuh yang indah, ukuran tubuh yang besar, serta sepasang capit. Di dalam perjalanannya, lobster air tawar selain digunakan untuk penghias akuarium tetapi bisa juga dimanfaatkan untuk konsumsi masyarakat. Tekstur daging yang lembut dengan cita rasa tinggi membuat konsumen menyukai lobster air tawar.

Dibeberapa negara seperti Australia, Amerika Serikat, Inggris, Cina, Kostarika, Ekuador, Fiji, Guatemala, Israel, Meksiko, Afrika, Selatan, dan Taiwan budidaya lobster air tawar telah dilakukan sejak tahun 1980 dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan estetis (lobster ukuran kecil) dan lobster konsumsi yang beratnya 30-80 gram per ekor (Sukmajaya, 2003).

Beberapa jenis lobster air tawar yang berhasil dikembangkan dan dibudidayakan di Indonesia diantaranya yaitu *Cherax destructor*, *Cherax quadricarinatus*, *Procambarus clarkii* dan beberapa spesies lokal asal Irian dari genus *Cherax*. *Cherax quadricarinatus* merupakan jenis lobster air tawar yang paling banyak dibudidayakan karena dapat dibudidayakan pada akuarium dan kolam dengan lahan seminimal mungkin. Selain itu lobster air tawar memiliki karakter yang tidak mudah stress dan tidak mudah terserang penyakit, pemakan tumbuhan sekaligus hewan (omnivora), pertumbuhannya relatif cepat serta memiliki daya bertelur tinggi. Ditambahkan oleh Iskandar (2003), *Cherax quadricarinatus* merupakan salah satu jenis lobster air tawar yang bernilai ekonomi penting. Lobster air tawar capit merah (*red claw*) ini merupakan salah satu spesies endemik dari kelompok udang yang pada awal hidup di habitat alam, seperti sungai, rawa atau danau yang ada di kawasan Queensland, Australia. Selain sebagai lobster konsumsi, *red claw* juga cocok digunakan sebagai lobster hias karena memiliki warna tubuh yang bagus dan ukuran yang besar.

Di Indonesia sendiri budidaya lobster air tawar sudah merebak dari tahun 1990 (lukito, 2007). Seiring dengan semakin berkembangnya teknologi budidaya maka sejak awal tahun 2003 budidaya lobster air tawar juga semakin berkembang. Ini terlihat dari munculnya sejumlah peternak yang bisa melakukan pembudidayaan lobster air tawar (Wiyanto dan Hartono, 2003).

Lobster air tawar tergolong cepat tumbuh namun fakta di lapangan sebenarnya masih relatif rendah, hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu makanan, suhu dan oksigen. Makanan yang biasa diberikan masih mengandalkan pakan buatan yaitu pellet yang mempunyai kandungan protein 30-40%. Menurut Thompson (2004), biaya yang

dipakai untuk memenuhi komponen pakan dari protein mencapai 70% dari biaya operasional.

Oleh karena itu, perlu dicari upaya-upaya untuk meningkatkan laju pertumbuhan tanpa perlu menambah biaya produksi. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan cara memanipulasi lingkungan berupa pemberian kejutan suhu panas (*heat shock*)(Sintaka, 2007).

Pertumbuhan pada lobster air tawar selalu berhubungan dengan pembentukan eksoskeleton baru dan siklus molting yang dikontrol oleh hormon dan dipengaruhi oleh lingkungan seperti cahaya dan suhu (Naya., *et al*, 1989). Beberapa hormon, termasuk *ecdysteroid* dan *Crustacean Hyperglycemic Hormone* (CHH) dihasilkan untuk mengatur molting (Anonymous, 2006). Dengan pemberian kejutan suhu panas dapat meningkatkan produksi CHH pada lobster air tawar (Chang, 2005). Dengan meningkatnya produksi dari CHH yang dikeluarkan oleh kelenjar sinus akan merangsang untuk terinduksinya metabolisme karbohidrat (Highnam and Hill, 1969).

Menurut Highnam and Hill (1969), metabolisme karbohidrat pada hepatopankreas akan bersintesis menjadi gula pentosa yang akan tersintesis atau mengaktivasi *glukosa 6-phosphat*. Gula pentosa ini juga terpecah menjadi *heksosa monophosphat*. *Glukosa 6-phosphat* akan terpecah menjadi energi dan pentosa di mana keduanya akan digunakan oleh lobster air tawar dalam proses molting (*intermoulting*). Dengan pemberian kejutan suhu panas akan membuat *glukosa 6-phosphat* membuat percabangan kebawah untuk membantu proses glikolisis. Proses glikolisis ini akan membantu lobster air tawar dalam mempersiapkan energi serta meningkatkan jumlah hormon *ecdysone* dan menekan jumlah dari *heksosa monophosphat* (MIH) untuk digunakan pada saat molting. Proses ini terjadi di awal molting (*proecdysis*). Dengan

meningkatnya *ecdysone* dan energi yang dibutuhkan telah tersedia akan memacu terjadinya proses molting. Kulit lama akan tersintesis dan digantikan oleh kulit baru. Pada saat pembentukan kulit baru lobster air tawar akan melakukan penyerapan air untuk membantu perluasan kulit baru tersebut. Setelah proses tersebut telah selesai kulit baru tersebut akan mengeras. Pada saat yang bersamaan air akan keluar sedikit demi sedikit dan akan digantikan oleh protein.

Protein ini berupa pentosa yang tersintesis menjadi bahan dasar pembentukan dari DNA, RNA, dan asam nukleat lainnya yang dibutuhkan oleh lobster dalam pertumbuhannya.

Sehubungan dengan hal tersebut, perlu diadakannya penelitian tentang lama pemberian kejutan panas (*heat shock*) terhadap laju pertumbuhan sesaat lobster air tawar (*Cherax quadricarinatus*) tanpa adanya penambahan biaya operasional sehingga pembudidayanya memperoleh keuntungan yang lebih besar dengan biaya dan waktu proses produksi yang lebih singkat.

1.2 Rumusan Masalah

Sektor perikanan khususnya budidaya mulai berkembang pesat. Perkembangan teknologi pada saat ini memungkinkan diterapkan pada dunia perikanan. Akan tetapi, didalam penerapan teknologi tersebut masih ditemui beberapa kendala yang sering dihadapi oleh pembudidaya. Salah satu kendala yang sering dihadapi adalah laju pertumbuhan yang cenderung lambat dari ikan ataupun udang yang dibudidayakan. Untuk meningkatkan laju pertumbuhan tersebut dapat dilakukan dengan beberapa cara, seperti : perbaikan genetik, pemberian formulasi pakan yang baik dan sesuai dengan kebutuhan ikan dan manipulasi fisiologi.

Pada saat ini salah satu komoditas perikanan yang sedang berkembang adalah lobster air tawar. Dari tahun 1990 sampai sekarang permintaan akan lobster air tawar ini terus meningkat (Lukito, 2007). Tetapi, produksi domestik belum dapat memenuhi kebutuhan pasar tersebut karena masih kecilnya hasil produksi lobster air tawar oleh petani dalam negeri (Iskandar, 2003). Hal ini terkait dengan tingkat laju pertumbuhan lobster untuk mencapai ukuran konsumsi yang masih rendah sehingga membuat pasokannya tidak stabil dan harga lobster air tawar yang masih *exclusive* (Lukito, 2007).

Di daerah Meksiko Laju Pertumbuhan Sesaat (SGR) *Cherax quadricarinatus* berkisar antara 2.23% sampai 2.72% (Ulloa *et al.*, 2003). Sedangkan di Indonesia, SGR *Cherax quadricarinatus* belum mencapai 2.7% pertumbuhan ini cenderung lambat sehingga perlu dilakukan upaya yang mudah dan murah untuk meningkatkan laju pertumbuhan *Cherax quadricarinatus*.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan laju pertumbuhan lobster air tawar adalah dengan manipulasi fisiologis berupa pemberian kejutan suhu panas (*heat shock*). Menurut Effendie (1997) suhu merupakan faktor luar yang berpengaruh terhadap pertumbuhan.

Muslih (2000), memberikan perlakuan kejutan suhu dengan interval 5 °C yaitu: pada suhu 25, 30, 35 dan 40 °C selama 2 menit pada berudu katak lembu dari stadia kuntum kaki belakang sampai stadia percil, memperoleh suhu kejutan yang terbaik 35 °C dan efisiensi sebesar 9,89% dari kecepatan metamorfosis normal.

Menurut Turner dan Bagnara (1988) dalam Muslih (2000), suhu merupakan faktor yang amat penting pada metamorfosis katak. Hal ini disebabkan perubahan suhu baik panas maupun dingin akan mempengaruhi sekresi hormon tiroid yang dirangsang oleh *Thyroid Stimulating Hormone* (TSH) (Ganong, 1983). TSH meningkatkan semua

aktifitas kelenjar tiroid yang telah diketahui. Jika hewan diberi TSH maka timbul efek awal yaitu *proteolisis tiroglobulin* yang menyebabkan pengeluaran T_3 dan T_4 dalam darah dengan selang waktu 30 menit. Ganong 1983 dalam Adiwijoyo 2001 mengatakan sekresi TSH ditekan oleh meningkatnya T_3 dan T_4 bebas dalam darah dan dirangsang bila kadar hormon tiroid yang bebas berkurang.

Lorenzon (2005) melakukan pemberian kejutan suhu panas terhadap *Carcinus pagurus* dan *Procambarus clarkii* dan ditemukan terjadinya peningkatan CHH (*Crustacean Hyperglycemic Hormone*) yang mempengaruhi proses *ecdysis* yang membuat penyerapan air berlangsung lebih cepat daripada biasanya.

Menurut Highnam and Hill (1969), metabolisme karbohidrat pada hepatopankreas akan bersintesis menjadi gula pentosa yang akan tersintesis atau mengaktivasi *glukosa 6-phosphat*. *Glukosa 6-phosphat* berperan dalam penyediaan energi dan hormon-hormon yang dibutuhkan oleh crustacea untuk melakukan molting. Diharapkan dengan cepat tersedianya energi dan hormon-hormon yang dibutuhkan oleh crustacea untuk melakukan molting akan memacu lebih cepat terjadinya molting sehingga akan meningkatkan laju pertumbuhan crustacea tersebut.

Sintaka (2007), melakukan kejutan suhu panas dengan interval 2°C yaitu: 36, 38, 40, 42°C selama 2 menit pada lobster air tawar ukuran 5 cm dan diperoleh suhu kejutan yang terbaik untuk lobster air tawar adalah 36°C dengan nilai SGR sebesar 0,83 %/BW/hari.

Berdasarkan hal tersebut di atas penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari kejutan suhu panas 36°C dengan lama perendaman yang berbeda terhadap laju pertumbuhan sesaat benih lobster air tawar pada ukuran 5 cm.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian kejutan suhu panas terhadap laju pertumbuhan benih lobster air tawar.

1.4 Kegunaan Penelitian

Penelitian ini diharapkan sebagai upaya yang dapat dilakukan dalam upaya peningkatan kecepatan pertumbuhan lobster air tawar, agar kebutuhan lobster air tawar untuk kepentingan domestik pada ukuran estetik dan konsumsi bisa terpenuhi.

1.5 Hipotesis

H₁: Pemberian kejutan suhu panas dengan lama perendaman yang berbeda berpengaruh terhadap laju pertumbuhan lobster air tawar.

1.6 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biologi Reproduksi Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya Malang pada bulan April sampai Juni 2007.

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biologi Lobster Air Tawar

2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi

Lobster air tawar termasuk ke dalam keluarga Parastacidae. Salah satu lobster ini dikenal dengan sebutan lobster air tawar capit merah, karena pada kedua capitnya berwarna merah. Adapun klasifikasi *Cherax quadricarinatus* dalam Wiyanto dan Hartono (2003), adalah sebagai berikut :

| | |
|----------|---------------------------------|
| Kingdom | : Animalia |
| Filum | : Arthropoda |
| Subfilum | : Crustacea |
| Kelas | : Malacostraca |
| Ordo | : Decapoda |
| Famili | : Parastacidae |
| Genus | : Cherax |
| Species | : <i>Cherax quadricarinatus</i> |



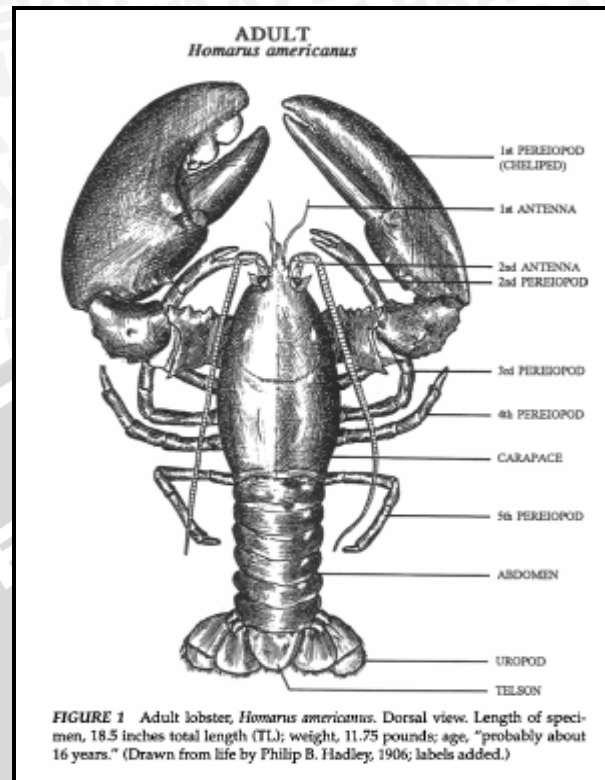
Gambar 1. *Cherax quadricarinatus*

Genus *Cherax* adalah *crustacea* air tawar yang mempunyai bentuk seperti lobster karena memiliki capit yang besar dan kokoh, serta rostrum berbentuk segitiga yang meruncing. *Cherax quadricarinatus* dikenal dengan sebutan *red claw* atau biasa juga disebut sebagai *Queensland Utara*. Disebut *red claw* karena lobster air tawar dewasa jenis ini mempunyai warna merah pada capit bagian luarnya, khususnya pada lobster air tawar jantan. Lobster air tawar dengan warna dasar hijau-coklat ini, di daerah asalnya merupakan makanan penduduk setempat. Rasanya lezat apabila disajikan dalam bentuk bakar. *Cherax quadricarinatus* sangat mudah dibedakan dari jenis *cherax* lainnya. Hal ini dicirikan dalam nama latinnya yaitu *quadricarinatus* yang artinya mempunyai empat buah lunas *quadric* (empat), *carinatus* (*carinae*), bentukan yang menyerupai lunas (Anonymous, 2004).

Seperti halnya *crustacea* yang lain, yakni kepiting atau udang windu, lobster air tawar memiliki kerangka pelindung tubuh terdiri dari kerangka luar yang keras (cangkang). Cangkang ini secara berkala harus diganti (*molting*) sejalan dengan pertumbuhan, karena kerangka tersebut bersifat kaku dan tidak bisa ikut membesar. Cangkang ini berfungsi untuk melindungi diri dari pemangsa atau bahkan dari kelompoknya sendiri. Tubuh lobster air tawar terbagi menjadi dua bagian yaitu bagian depan terdiri dari kepala dan dada yang disebut *cephalothorax*. Sementara bagian belakang terdiri dari badan dan ekor yang disebut *abdomen*. Kepala ditutupi oleh kulit atau cangkang kepala (*carapace*). *Carapace* ini berperan dalam melindungi organ tubuh, seperti otak, insang, hati, dan lambung. *Carapace* ini tersusun dari bahan berupa zat tanduk atau kitin yang tebal dan merupakan nitrogen polisakarida yang disekresikan oleh kulit epidermis dan dapat mengelupas saat terjadi pergantian cangkang tubuh (*moulting*) (Sukmajaya dan Suharjo, 2003).

Pada bagian kepala lobster terdiri atas enam bagian ruas. Pada ruas pertama terdapat sepasang mata yang bertangkai dan bisa digerak-gerakkan. Pada ruas kedua dan ketiga terdapat sepasang sungut kecil (*antennula*) dan sungut besar (*antenna*). Untuk ruas keempat, kelima, dan keenam terdapat rahang (*mandibulla*), *maxilla* I, *maxilla* II. Ketiga bagian ini berfungsi sebagai alat makan (Iskandar, 2003). Menurut Sukmajaya dan Suharjo (2003) dilihat dari organ tubuh luar, lobster air tawar memiliki beberapa alat pelengkap sebagai berikut :

1. Sepasang antena yang berperan sebagai perasa dan peraba terhadap pakan dan kondisi lingkungan.
2. Sepasang *antennula* untuk mencium pakan, 1 mulut dan sepasang capit (*celliped*) yang lebar dengan ukuran lebih panjang dibandingkan dengan ruas dasar capitnya.
3. Enam ruas badan (*abdomen*) agak memipih dengan lebar badan rata-rata hampir sama dengan lebar kepala.
4. Ekor satu ekor tengah (*telson*) memipih, sedikit lebar, dan dilengkapi duri-duri halus yang terletak disemua bagian ekor serta dua pasang ekor samping (*uropod*) yang memipih.
5. Enam pasang kaki renang (*pleopod*) yang berperan dalam melakukan gerakan renang. Di samping sebagai alat renang, kaki renang pada induk betina yang sedang bertelur memiliki karakteristik memberikan gerakan dengan tujuan meningkatkan kandungan oksigen terlarut disekitarnya, sehingga kebutuhan oksigen telur dan larva dapat terpenuhi. Kaki renang juga digunakan untuk membersihkan telur atau larva dari tumpukan kotoran yang terendap.
6. Empat pasang kaki untuk berjalan (*walking legs*).



Gambar 2. Anatomi dan Morfologi Lobster Air Tawar (Anonymous, 2007)

Anggota badan lobster atau crayfish memperlihatkan suatu rangkaian yang sangat penting dari adaptasi dan modifikasi dalam hidupnya. Terdapat 19 pasang anggota badan secara keseluruhan, satu pasang pada setiap segmen. *Antennules* dan *antennae* merupakan modifikasi untuk *tactil* dan *chemical stimulation* (rangsangan kimia), rahang bawah untuk mengunyah, lima berikutnya, *maxillae* dan *maxillipeds*, terutama untuk mendorong makanan; pasangan berikutnya adalah *chelipeds* yang sangat besar untuk mencapit makanan dan untuk pertahanan; empat pasang selanjutnya untuk berjalan dan enam pasang terakhir untuk berenang dan untuk berbagai fungsi yang lain.

Tanda kelamin primer lobster air tawar adalah perbedaan bentuk tertentu yang terletak di tangkai kaki jalan dan ukuran capit. Sementara itu, ciri-ciri sekunder yang dapat dilihat secara visual adalah kecerahan warna tubuhnya, warna tubuh lobster jantan

lebih cerah jika dibandingkan dengan lobster betina (Sukmajaya dan Suharjo, 2003). Lobster jantan memiliki tonjolan di dasar tangkai kaki jalan ke-5. Sedangkan untuk lobster betina terdapat lubang bulat yang terletak didasar kaki ke-3. Berdasarkan ukuran capitnya, lobster jantan memiliki ukuran capit 2-3 kali lebar buku pertama (tangkai capit) dan lobster betina memiliki ukuran capit yang sama atau 1,5 kali buku pertama. Perbedaan jantan dan betina *red claw* dapat dilihat dari warna ujung capitnya. Pada lobster jantan terdapat warna merah di ujung capitnya (Iskandar, 2003).

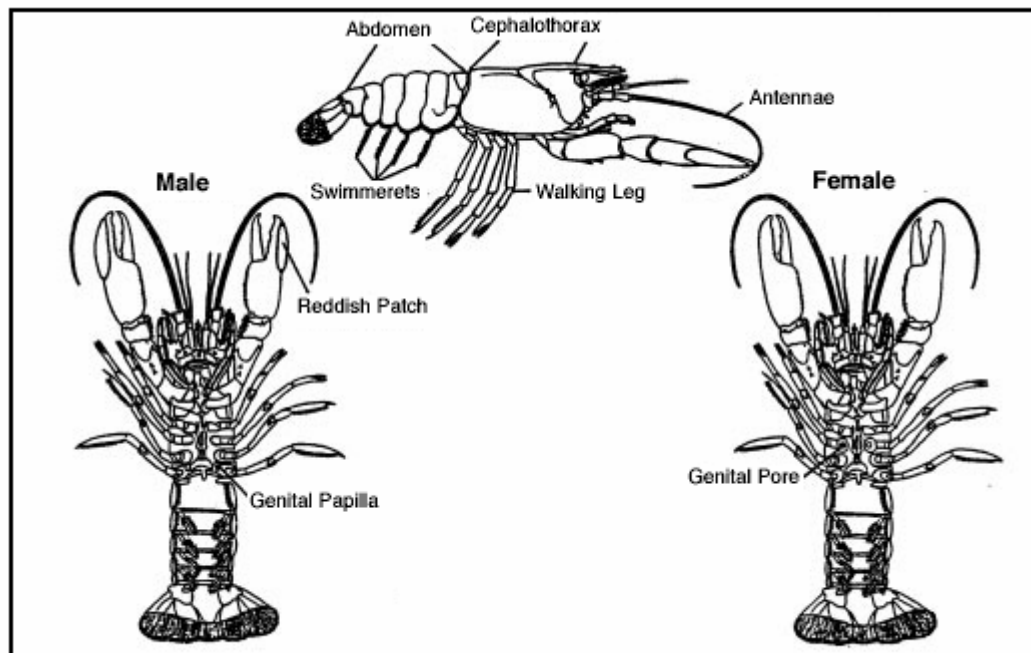


Figure 2. External anatomy of male and female red claw.

Gambar 3. Jenis Kelamin Jantan dan Betina Lobster Air Tawar (Masser dan Rouse, 1997)

2.1.2 Habitat dan Daerah Penyebarannya

Ada sekitar 150 jenis lobster air tawar di Amerika Utara dan lebih dari 540 spesies tersebar di seluruh dunia. Lobster air tawar hidup di aliran sungai, rawa, kolam, dan habitat air tawar lainnya. Ditambahkan oleh Jacinto dan Villareal-Colmenares (2003) bahwa *red claw* merupakan salah satu spesies endemik yang pada awalnya hidupnya di

habitat alam, seperti sungai, rawa atau danau yang ada di Queensland Australia. Lobster air tawar bersifat endemik, karena terdapat spesifikasi pada spesies lobster air tawar yang ditemukan di habitat alam tertentu (Wiyanto dan Hartono, 2003).

Sebagian besar lobster air tawar hidup di lingkungan akuatik dan beberapa hidup di lingkungan semi akuatik. Lobster air tawar semi akuatik membuat lubang di dalam tanah untuk memperoleh air sehingga bisa bernapas (Lukito, 2007). Pada dasarnya lobster air tawar terdiri dari tiga keluarga besar, yaitu Astacidae, Cambaridae, dan Parastacidae (Wiyanto dan Hartono, 2003). Keluarga Astacidae banyak ditemukan di perairan bagian Barat Rocky Mountains di Barat laut Amerika Serikat sampai Kolombia, Kanada dan juga Eropa. Keluarga Cambaridae banyak ditemukan di bagian Timur Amerika Serikat (80% dari jumlah spesies) dan bagian Selatan Meksiko. Sementara keluarga Parastacidae ditemukan banyak hidup di perairan Australia, Selandia Baru, dan Madagaskar. Di Indonesia terutama di perairan Jayawijaya, Papua juga hidup beberapa spesies dari keluarga Parastacidae di antaranya *Cherax monticola*, *Cherax lorentzi*, dan *Cherax lakembutu* (Wiyanto dan Hartono, 2003).

2.2 Pertumbuhan dan Molting

2.2.1 Pertumbuhan

Pertumbuhan merupakan suatu proses fisiologis yang cukup kompleks yang meliputi beragam proses fisiologis lainnya. Pertumbuhan didefinisikan sebagai penambahan ukuran panjang atau bobot tubuh dalam suatu waktu (Effendie, 1997). Selanjutnya dinyatakan bahwa pertumbuhan dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu pertumbuhan kontinu dan pertumbuhan diskontinu. Pertumbuhan kontinu adalah penambahan panjang dan bobot tubuh dalam suatu waktu secara berkesinambungan dan

biasa terjadi pada ikan. Pertumbuhan diskontinu adalah penambahan panjang dan bobot tubuh yang terjadi secara berkala setelah *molting*, umumnya terjadi pada crustacea. Proses pertumbuhan dapat terjadi diperkirakan adanya bahan untuk membangun suatu struktur atau organ dan energi bagi proses pembangunannya (Djojosoebagio, 1996). Menurut Effendie (1997) pertumbuhan merupakan proses biologis yang kompleks di mana banyak faktor yang mempengaruhi, faktor yang mempengaruhi pertumbuhan antara lain adalah faktor luar dan dalam. Faktor dalam umumnya adalah faktor yang sukar dikontrol, di antaranya keturunan, seks, umur, parasit dan penyakit. Faktor luar yang utama mempengaruhi pertumbuhan antara lain makanan dan suhu perairan.

Sebagai hewan dengan kerangka luar (eksoskeleton), lobster air tawar perlu mengganti kerangkanya tersebut bila tumbuh membesar, hal ini dilakukan lobster air tawar karena kerangka luarnya tidak ikut tumbuh. Untuk itu lobster air tawar harus keluar dari kerangka lamanya dan membentuk kerangka baru. Molting merupakan proses yang rumit. Dalam perjalanannya proses ini melalui proses-proses yang bersifat hormonal. Setidaknya dua jenis hormon diketahui bertanggung jawab terhadap proses molting yaitu hormon *Ecdysis* dan *MIH (Molt Inhibiting Hormone)* (Nagasawa, H. dkk, 2006). *Ecdysis* berfungsi dalam memicu proses molting, sedangkan *MIH* berfungsi sebaliknya, yaitu penghambat proses molting. Aktivitas kedua hormon ini sering ditentukan oleh faktor lingkungan hidup lobster air tawar. Dalam kondisi lingkungan tertentu hormon *ecdysis* berperan, sedangkan *MIH* berkurang sehingga lobster air tawar akan terpicu untuk molting sehingga pertumbuhannya menjadi cepat (Lukito, 2007). Di dalam masa pertumbuhan kulitnya, lobster air tawar memerlukan konsumsi kalsium yang cukup untuk memenuhi kebutuhan akan kalsium dalam pembentukan kulit tersebut (Sukmajaya dan Suharjo, 2003).

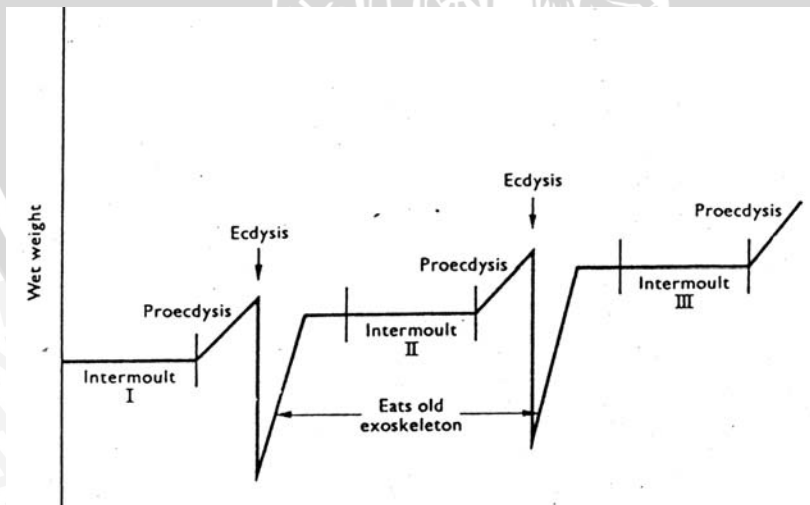
2.2.2 Molting

Dalam kehidupan udang terdapat dua kegiatan utama, yaitu ganti kulit dan persiapan ganti kulit (Hadie dan Hadie, 2002). *Moulting* merupakan proses penting bagi *crayfish* dan lobster, juga pada semua arthropoda. Molting adalah kebutuhan untuk melengkapi pertumbuhan ukuran hewan tersebut. *Moulting* pertama terjadi seminggu setelah burayak melepaskan diri dari induknya. Frekuensi *moulting* pada lobster air tawar selalu beriringan dengan penambahan umur dan tingkat laju pertumbuhan. Semakin baik pertumbuhannya, proses molting akan sering terjadi pada lobster air tawar. Pada periode juvenil, *moulting* bisa berlangsung setiap hari. Ketika masa kedewasaan dicapai, *moulting* terjadi 4-5 kali dalam setahun. Sementara pada induk yang pernah memijah, molting hanya terjadi 1-2 kali dalam satu tahun (Lukito, 2007).

Udang yang hendak berganti kulit biasanya malas makan dan bergerak (Hadie dan Hadie, 2002). Selama proses molting lobster air tawar akan cenderung tidak aktif dan akan sering berdiam diri dalam tempat persembunyiannya. Kalaupun bergerak akan lamban dan kulitnya akan tampak keruh. Kehilangan warna pada saat molting juga merupakan kejadian normal. Ada baiknya pada masa demikian lobster air tawar jangan dipindahkan, atau dibawa ke tempat lain. Setelah molting kulit lobster akan lembut dan perlu beberapa waktu untuk menjadi keras kembali dan setelah itu lobster akan aktif kembali dan makan lebih banyak. Pertumbuhan dapat terjadi di bawah eksoskeleton kerasnya, meskipun berjumlah kecil. Hanya saja sebelum proses itu dimulai, beberapa zat kapur menarik diri dari eksoskeleton dengan agak lemah. Kemudian secara serentak, sebuah skeleton baru terbentuk dibawahnya, muncul dari bagian *epithelium* yaitu *hypodermis*. Setelah itu, otot dan tubuhnya yang besar menyusut mengecil dan skeleton yang lama keluar dari bagian dorsal, diantara abdomen dan carapasnya. Hewan tersebut

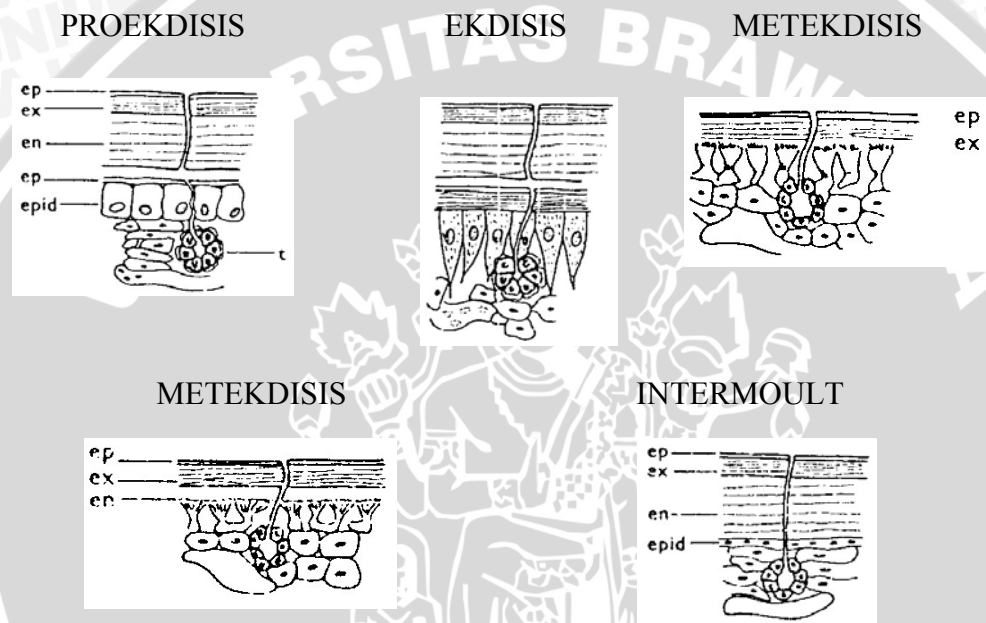
akan mundur secara pelan, meninggalkan replikanya untuk melengkapi semua bagian tubuhnya secara sempurna kecuali pada tubuh aslinya. Pergantian ini dilakukan dengan sangat teliti, rata sampai segi-segi dari matanya, dan termasuk bagian lapisan perut (Elliot, 1957).

Highnam and Hill (1969) berpendapat bahwa perubahan bentuk dan peningkatan ukuran tidak hanya terjadi ketika penumpukan kandungan zat kapur pada *eksoskeleton* dan sebelum *kutikel* baru mengeras. Periode ekdisis merupakan pemisahan kutikel tua melalui perluasan instar baru yang disempurnakan dengan air melalui pencernaannya. Peningkatan ukuran dan berat crustacea selama ekdisis bukan hal yang mendasari pertumbuhan. Hal ini harus digambarkan sebagai peningkatan berat kering yang terjadi antar periode molting, ketika air yang diserap secara berangsur-angsur digantikan oleh protein. Oleh karena itu, ekdisis merupakan peningkatan total dari ukuran dan berat yang dengan jelas berlangsung terus pada crustacea, pertumbuhan pada dirinya sendiri adalah suatu proses yang berlanjut gambar 4.



Gambar 4. Perubahan Berat Selama Pertumbuhan Pada Crustacean (Highnam and Hill, 1969).

Pertumbuhan terlihat terus berlanjut pada saat air yang diambil ketika proekdisis menghasilkan suatu berat, tapi hal ini didapatkan ketika crustacea tersebut memakan kulit mereka yang telah dibuang. Walaupun berat mereka terlihat tetap setelah molting, pada periode inilah pertumbuhan benar-benar terjadi, yaitu air yang diambil ketika proekdisis digantikan oleh protein (Highnam and Hill, 1969). Selanjutnya siklus molting dibagi dalam empat tahapan yaitu :



Keterangan singkatan: *en*, endokutikel; *ex*, exokutikel; *epid*, epidermal; *i*, tegumental gland.

Gambar 5. Struktur lapisan kulit crustacea pada masing-masing tahap dari proses molting (Highnam and Hill, 1969).

Sel epidermal membesar selama awal proekdisis, memisah dari kulit yang tua (*apolysis*), dan mengeluarkan epikutikel baru. Pada akhir proekdisis, sel epidermal telah membesar dan mulai mengeluarkan *exokutikel* baru. Setelah ekdisis, *exokutikel* yang dikeluarkan telah lengkap dan mulai memproduksi endokutikel yang berlangsung selama metekdisis. Kemudian ukuran sel epidermal mengecil dan tetap mengecil selama periode *intermoulting* (Highman and Hill 1969).

Tahapan-tahapan molting pada lobster berdasarkan Lukito (2007) sebagai berikut :

1. Proekdisis

Tahapan ini merupakan tahap awal molting. Proekdisis ditandai dengan pengaktifan dari sel epidermis dan hepatopankreas. Sel epidermis akan memisahkan diri dari kutikula tua, proses ini disebut *apolysis*, dan kemudian memisah. Setelah itu, sel epidermis mulai mengeluarkan eksoskeleton yang baru. Pada waktu yang sama, kalsium yang dipindahkan dari kulit lama, menghasilkan darah yang mengandung kalsium dengan konsentrasi yang meningkat. Selama proses ini berlangsung, udang akan berhenti makan dan menjadi pasif. Kebutuhan energi selanjutnya diambil alih oleh hepatopankreas yang akan mensuplai energi selama proses tersebut berlangsung. Pemisahan kulit yang tua menandai berakhirnya tahap proekdisis.

2. Ekdisis

Tahapan ini waktunya pendek dimulai setelah kulit yang lama lepas. Terjadi penyerapan air secara cepat. Pada tahap ini udang masih tidak makan.

3. Metekdisis

Tahapan ini dimulai ketika udang baru saja molting, eksoskeletonnya masih lunak dan penyerapan air terus berlanjut secara meluas. Pengeluaran mineral di mulai pada eksokutikel, dan kemudian endokutikel. Lobster air tawar melakukan pemindahan mineral kalsium dari *gastrolith* ke kutikula barunya sebagai bahan kerangka luar.

Mula-mula udang tidak makan, berlanjut sampai menggunakan cadangan makanannya di dalam hepatopankreas. Tapi sampai akhir tahap metekdisis, udang mulai makan lagi. Pada tahap ini, eksoskeleton sudah diproduksi secara lengkap dan terjadi pertumbuhan jaringan yang menggantikan air yang diserap.

4. Intermolting

Pada tahap ini pembentukan cangkang dan pertumbuhan jaringan telah lengkap, tapi kebutuhan makanan dan metabolisme masih berlanjut yang disimpan dalam hepatopankreas. Lipid merupakan cadangan utama makanan, tapi terdapat juga beberapa glikogen dan protein yang disimpan.

2.3 Hubungan Suhu dan Stres Terhadap Pertumbuhan

Suhu tubuh *crustacea* air hampir sama dengan lingkungannya. Di daratan perbedaan suhu sangat besar dan toleransinya juga besar. Beberapa faktor *stress* misalnya peningkatan suhu air yang mendadak yang dapat meningkatkan kecepatan metabolisme ikan (Zonneveld, 1991). Suhu sangat erat berpengaruh terhadap kehidupan dan pertumbuhan ikan, secara umum laju pertumbuhan meningkat sejalan dengan kenaikan suhu sampai batas tertentu yang mempengaruhi sifat-sifat fisika – kimia perairan maupun fisiologis ikan. Toleransi ikan terhadap suhu akan tergantung pada spesies ikan, tahap perkembangan, oksigen terlarut.

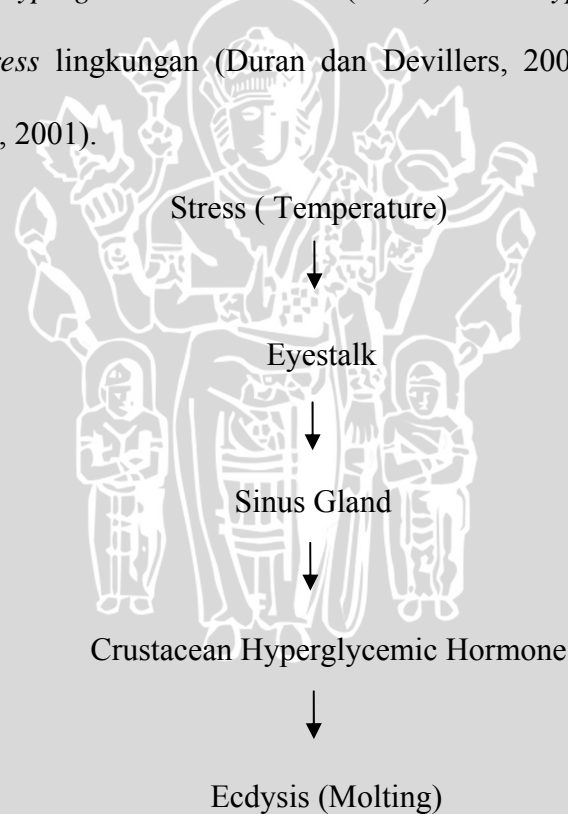
Laju metabolisme dipengaruhi oleh faktor abiotik dan biotik. Karena proses metabolisme membutuhkan energi, sedangkan penyaringan energi dari makanan membutuhkan oksigen maka laju metabolisme dapat diduga dari laju konsumsi oksigen. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu, oksigen dan aktivitas paling besar pengaruhnya terhadap metabolisme. Peningkatan suhu mengakibatkan peningkatan viskositas, reaksi kimia, evaporasi, dan volatilisasi. Peningkatan suhu juga menyebabkan penurunan kelarutan gas dalam air, misalnya gas O₂, CO₂, N₂, CH₄, dan sebagainya (Haslam 1995 dalam Effendie 2003). Menurut Effendie (2003) peningkatan suhu menyebabkan peningkatan kecepatan metabolisme dan respirasi organisme air dan

selanjutnya mengakibatkan peningkatan konsumsi oksigen. Peningkatan suhu 10°C menyebabkan peningkatan metabolisme 5-3 kali (Fujaya, 2004). Effendie (2003) mengatakan peningkatan suhu perairan sebesar 10°C menyebabkan terjadinya peningkatan konsumsi oksigen oleh organisme akuatik sekitar 2-3 kali lipat. Namun, peningkatan suhu ini disertai dengan penurunan kadar oksigen terlarut sehingga keberadaan oksigen sering kali tidak mampu memenuhi respirasi. Peningkatan suhu juga menyebabkan terjadinya peningkatan dekomposisi bahan.

Tidak seperti sinar atau variabel lingkungan lain, suhu dapat mempengaruhi baik molting maupun proses kontrol molting. Pengaruh langsung maupun tidak langsung terjadi. *Crustacea* menunjukkan peningkatan aktivitas molting dengan suhu yang lebih tinggi menandakan bahwa metabolisme hewan secara umum berubah. *Eyestalk* penyebab ekstirpasi *ecdysis* telah diteliti menjadi lebih cepat pada suhu yang lebih tinggi. Hal ini, pengaruh suhu pada semua molting mungkin mempengaruhi tidak hanya pada awal molting tetapi juga lamanya siklus molting setiap kalinya (Waterman, 1960).

Pertumbuhan *crustacea* ada hubungannya dengan ganti kulit (molting). *Crustacea* harus melakukan pergantian kulit eksoskeleton pada waktu tertentu untuk pertumbuhannya (Anonymous, 2006). Lobster akan terus tumbuh dan molting sampai mati (Highnam dan Hill, 1969). Pada saat molting, otot-otot menjadi lebih padat dan lobster tumbuh. Akhirnya, lobster berhenti makan untuk menyiapkan molting berikutnya. Kalsium dari kulit lama diserap kembali dan disusun kembali dalam jaringan lunak. Setelah lobster meninggalkan kulit lamanya, lobster tersebut menyerap air dan menggunakan semacam sistem cairan *hydraulic* untuk memompa jaringan lunaknya untuk memenuhi kulit baru. Pertumbuhan baru ini dapat mencapai

peningkatan berat badan sebanyak 20 persen, meskipun membutuhkan banyak energi. Kulit yang lama, kaya akan kalsium dan mineral-mineral lain, dimakan oleh lobster untuk mengolah mineral kembali dan secara cepat mengeraskan kulit baru. Molting penuh dengan *stress* tetapi merupakan proses biologis penting di mana setiap lobster yang sehat harus menjalaninya dari waktu ke waktu, dan hormon yang dihasilkan oleh sistem endokrin membantu mengatur bermacam aspek dari siklus hidup. Beberapa hormon, termasuk *ecdysteroid* dan *Crustacean Hyperglycemic Hormone* (CHH) dihasilkan untuk mengatur molting (Anonymous, 2006). Pada *Crustacean*, peningkatan sirkulasi *Crustacean Hyperglycemic Hormone* (CHH) dan *Hyperglycemia* terjadi mengikuti beberapa *stress* lingkungan (Duran dan Devillers, 2000; Lorenzon ,1997; 2002; Santos dan Keller, 2001).



Gambar 6. Tahapan Pengaruh Suhu Dalam Proses Molting (modifikasi dari Duran dan Devillers, 2000; Lorenzon ,1997; 2002; Santos dan Keller, 2001).

Crustacean Hyperglycemic Hormone (CHH) secara awal diidentifikasi dalam udang untuk kemampuannya meningkatkan level glukosa darah dan baru-baru ini

diimplikasikan dalam pengaturan ekdisis dalam udang sebaik memiliki peran dalam pengaturan air dan pH (Anonymous, 2006). Sehingga dengan makin sering terjadinya molting pada lobster akan mempercepat laju pertumbuhan lobster tersebut.

2.4 Kejutan Suhu Panas (*Heat Shock*)

Reaksi biokimia sebagian besar individu sangat peka terhadap suhu. Reaksi biokimia akan meningkat 2 kali lipat dengan peningkatan suhu sebesar 10 °C. Suhu adalah parameter utama yang sebenarnya dari semua aktivitas biologi karena suhu mempengaruhi kecepatan reaksi sangat besar dan karena sebagian besar respon organisme melibatkan reaksi kimia (Gordon 1986 *dalam* Magdalena 2001).

Kejutan suhu panas merupakan salah satu bentuk rangsangan yang dapat memacu sekresi hormon tiroid sesuai dengan pendapat Turner dan Bagnara *dalam* Rief'aeni 2006 bahwa beberapa rangsangan lingkungan dapat merangsang keluarnya hormon tiroid.

Pengaruh kejutan suhu pada dasarnya merupakan pengaruh pemberian stres fisik yang mempengaruhi sistem hipotalamus yang diberikan terhadap ikan. Menurut Guyton 1994 *dalam* Rief'aeni 2006 stres tersebut dapat menyebabkan peningkatan sekresi ACTH (*Adeno Cortiko Thropin Hormone*) dan TSH (*Tirotropin Stimulating Hormone*) yang dihasilkan oleh hipofisis anterior. Informasi perubahan suhu mendadak akan ditangkap oleh sensori dan diteruskan ke hipotalamus.

ACTH adalah hormon yang dapat memacu sekresi hormon glukokortikoid yang berasal dari korteks adrenal. Dengan adanya sekresi glukokortikoid tersebut maka konsentrasi gula darah, metabolisme protein, dan metabolisme lemak meningkat. Selain

itu, pengaruh lain dari ACTH adalah merangsang sel somatotrop dan kelenjar hipofisa untuk mensekresikan hormon pertumbuhan (Guyton 1994 dalam Rief' aeni 2006).

TSH meningkatkan semua aktifitas kelenjar tiroid yang telah diketahui. Jika hewan diberi TSH maka timbul efek awal yaitu *proteolisis tiroglobulin* yang menyebabkan pengeluaran T_3 dan T_4 dalam darah dengan selang waktu 30 menit. Ganong 1983 dalam Adiwijoyo 2001 mengatakan sekresi TSH ditekan oleh meningkatnya T_3 dan T_4 bebas dalam darah dan dirangsang bila kadar hormon tiroid yang bebas berkurang. Sekresi TSH bisa bertambah bila kena kejutan suhu panas atau dingin. Untuk lebih jelasnya mekanisme rangsangan kejutan suhu (*heat shock*) terhadap sekresi hormon tiroid dapat dilihat pada gambar 7.

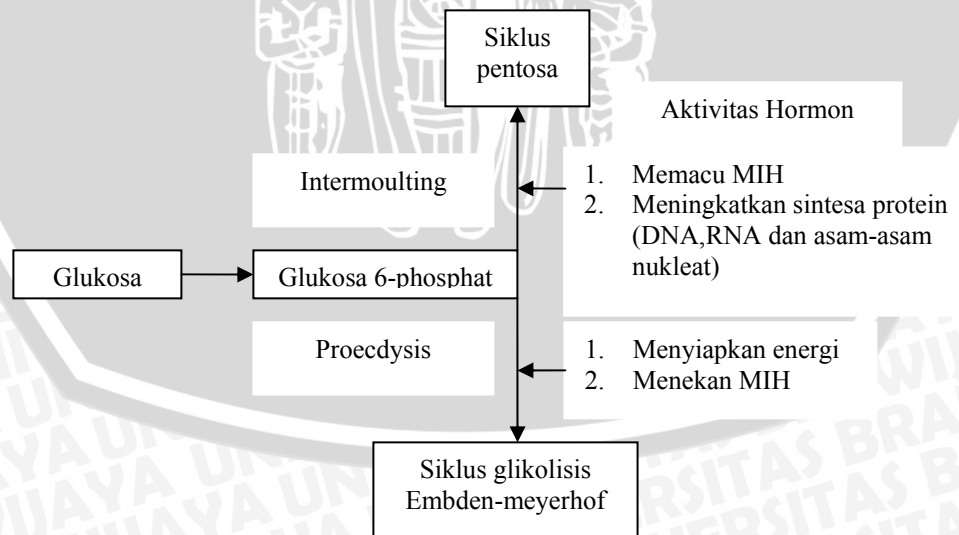
Sedangkan pada telur, pengaruh kejutan suhu panas maupun dingin merupakan salah satu cara untuk memanipulasi kromosom untuk perbaikan dan peningkatan kualitas genetik ikan guna menghasilkan benih-benih ikan yang memiliki keunggulan diantaranya pertumbuhan cepat, toleransi terhadap lingkungan, dan resisten terhadap penyakit. Tiga hal yang harus diperhatikan dalam pemberian kejutan suhu pada telur adalah waktu awal kejutan, suhu kejutan, dan lama kejutan.

Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Dewi (2006) dapat diketahui bahwa perlakuan etanol dengan kejutan suhu panas 36°C memberikan pengaruh terhadap perkembangan telur tanpa sperma pada fase morula dengan jumlah telur yang berkembang sebesar 60%.

Pemberian kejutan suhu panas atau pun pemindahan lobster air tawar pada lingkungan dengan perubahan suhu yang mendadak diduga dapat menjadi sumber rangsangan luar yang dapat mempercepat kelenjar sinus untuk memproduksi dan mengeluarkan hormon ke dalam plasma darah (Chang, 1998).

Pada *Crustacean*, peningkatan sirkulasi *Crustacean Hyperglycemic Hormone* (CHH) dan *Hyperglycemia* terjadi mengikuti beberapa *stress* lingkungan (Duran dan Devillers, 2000; Lorenzon, 1997; 2002; Santos dan Keller, 2001).

Highnam and Hill (1969) menyatakan terjadinya *hyperglycemia* yang disebabkan oleh stres lingkungan akan memacu terjadinya metabolisme karbohidrat. Salah satu hasil sintesis metabolisme karbohidrat adalah gula pentosa yang akan menjadi *glukosa 6-phosphat*. Gula pentosa ini juga terpecah menjadi *heksosa monophosphat*. *Glukosa 6-phosphat* akan terpecah menjadi energi dan pentosa di mana keduanya akan digunakan oleh lobster air tawar dalam proses molting (*intermoult*). Dengan pemberian kejutan suhu panas akan membuat *glukosa 6-phosphat* membuat percabangan kebawah untuk membantu proses glikolisis. Proses glikolisis ini akan membantu lobster air tawar dalam mempersiapkan energi serta meningkatkan jumlah hormon *ecdysone* dan menekan jumlah dari *heksosa monophosphat* (MIH) untuk digunakan pada saat molting. Proses ini terjadi di awal molting (*proecdysis*) (Gambar 7).



Gambar 7. Pengaturan Metabolisme Karbohidrat di Hepatopankreas pada *Orconectes verilis* (Highnam and Hill, 1969)

Dengan meningkatnya *ecdysone* dan energi yang dibutuhkan telah tersedia akan memacu terjadinya proses molting. Kulit lama akan tersintesis dan digantikan oleh kulit baru. Pada saat pembentukan kulit baru lobster air tawar akan melakukan penyerapan air untuk membantu perluasan kulit baru tersebut. Setelah proses tersebut telah selesai kulit baru tersebut akan mengeras. Pada saat yang bersamaan air akan keluar sedikit demi sedikit dan akan digantikan oleh protein.

Protein ini berupa pentosa yang tersintesis menjadi bahan dasar pembentukan dari DNA, RNA, dan asam nukleat lainnya yang dibutuhkan oleh lobster dalam pertumbuhannya.

2.5 Heat Shock Proteins (HSPs)

Protein stress yang dikenal sebagai *Heat-Shock Proteins* (HSPs), meliputi sebuah kelas yang disimpan dari protein yang menunjukkan peningkatan transkripsi selama periode stress. Dalam sebuah sel tanpa stress, ekspresi HSPs untuk mengatur pelipatan protein, translokasi protein melalui membran, pemasangan dan pembongkaran oligomer protein, dan degradasi protein. Dengan terjadinya pemanasan HSPs berperan sebagai molekul penghantar menaikkan lipatan awal dari protein-protein lain pada ribosom dan melipat kembali protein tak terlipat ketika mereka secara sebagian terdenaturasi (Nelson dan Ziegelhoffer, 1992). Penyebab atau tingginya ekspresi HSPs telah ditunjukkan terjadi pada sejumlah stress pada banyak organisme (Feder dan Hofmann, 1999). Chang 1999 menemukan adanya HSP 70 dan HSP 90 pada otot abdominal lobster (*Homerus americanus*) setelah diberikan beragam stress lingkungan, seperti kejutan suhu, *hypoxia*, dan perbedaan salinitas.

Beberapa kelas dari Heat-Shock Protein (HSPs) menurut Kabakov dan Gabai (1960) :

- a. **HSP 100.** HSP 100 dengan berat molekul 104-110 kDa dan ditemukan pada prokariot dan eukariot.. HSP 100 berfungsi untuk memperluas toleransi suhu pada ragi dan melindungi sel ragi dari etanol yang berkonsentrasi tinggi kecuali dari efek samping (racun) pada kadmium.
- b. **HSP 90.** HSP 90 dengan berat molekul 82-94 kDa walaupun sebagian kecil HSP 90 terdapat pada prokariot, HSP 90 sangat penting pada eukariot.
- c. **HSP 70.** HSP 70 berada pada prokariot dan diketahui sebagian besar sebagai molekular penghantar pada eukariot.

2.6 Kualitas Air

Menurut Wiyanto (2003), beberapa faktor penentu kualitas air pemeliharaan lobster antara lain kadar keasaman (pH), suhu, kandungan oksigen terlarut (O_2), serta kandungan karbondioksida (CO_2) dan gas lainnya.

a. Suhu

Suhu mempunyai arti penting bagi organisme perairan, di antaranya berpengaruh terhadap laju metabolisme ikan. Kenaikan suhu yang masih ditolerir *crustacea* akan diikuti oleh peningkatan derajat metabolisme dan kebutuhan oksigen. Umumnya lobster air tawar menyukai air dengan suhu sekitar 19-25 °C. Jika kondisi air terlalu dingin, suhu air tersebut dapat dinaikkan dengan cara memasang alat pemanas (*heater*). Penggunaan alat ini cukup praktis karena hanya diletakkan di dalam akuarium dengan terlebih dahulu dipasang angka suhu yang diinginkan. Secara otomatis alat ini

akan mati sendiri jika kondisi suhu air sudah sesuai dengan angka yang tertera pada *heater*.

b. Kadar Keasaman (pH)

Kadar keasaman sangat menentukan kehidupan lobster di dalam air. Kadar keasaman (*pondus hydrogenii* = pH) merupakan ukuran volume hydrogen dalam air. Air tanah di setiap daerah di Indonesia umumnya memiliki pH 5-6,8. Untuk itu jika ingin digunakan dalam memelihara lobster air tawar sebaiknya dilakukan perlakuan khusus seperti didiamkan, diuapkan, atau ditambahkan aquades agar kadar keasamannya sesuai dengan yang diinginkan lobster, yaitu berkisar pH 7-8.

c. Kandungan Oksigen Terlarut (DO)

Kandungan oksigen terlarut dalam air merupakan faktor penting bagi kehidupan *crustacea* karena oksigen dibutuhkan bagi proses pernafasan dan merupakan komponen utama bagi metabolisme ikan. Kebutuhan organisme terhadap oksigen bervariasi tergantung pada jenis, stadia, dan aktivitasnya. Untuk itu, makhluk hidup di dalam air termasuk lobster air tawar sangat membutuhkan kreativitas para pemelihara agar kebutuhan oksigen terpenuhi. Oksigen dibutuhkan oleh lobster air tawar untuk bernafas. Kebutuhan oksigen terlarut dalam air yang diinginkan lobster mencapai 7 ppm.

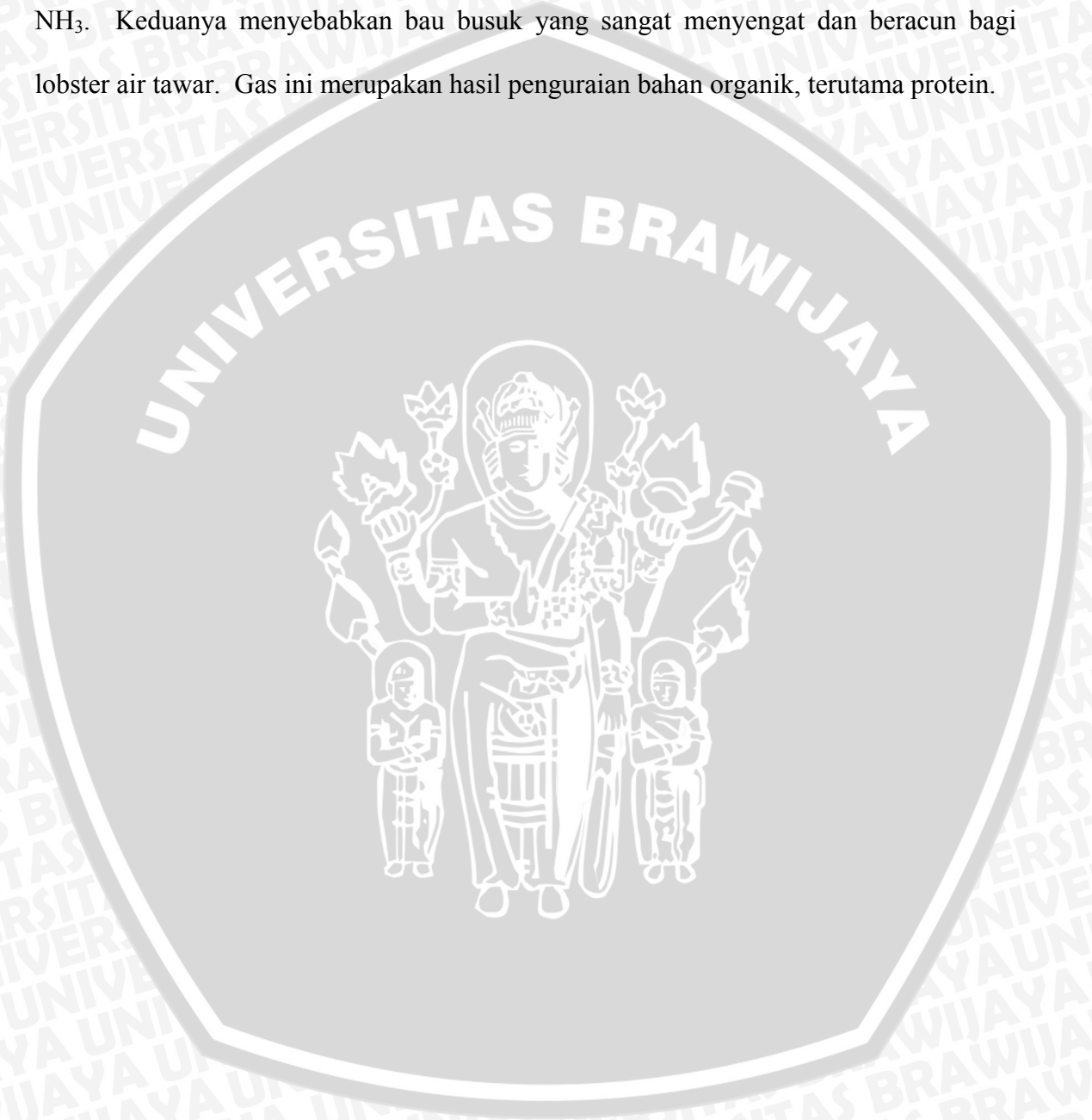
Agar kandungan oksigen di dalam air cukup dan stabil sebaiknya di dalam aquarium dipasang aerator. Alat ini berfungsi untuk menyuplai oksigen dari udara ke dalam air sehingga kualitas air tetap terjaga.

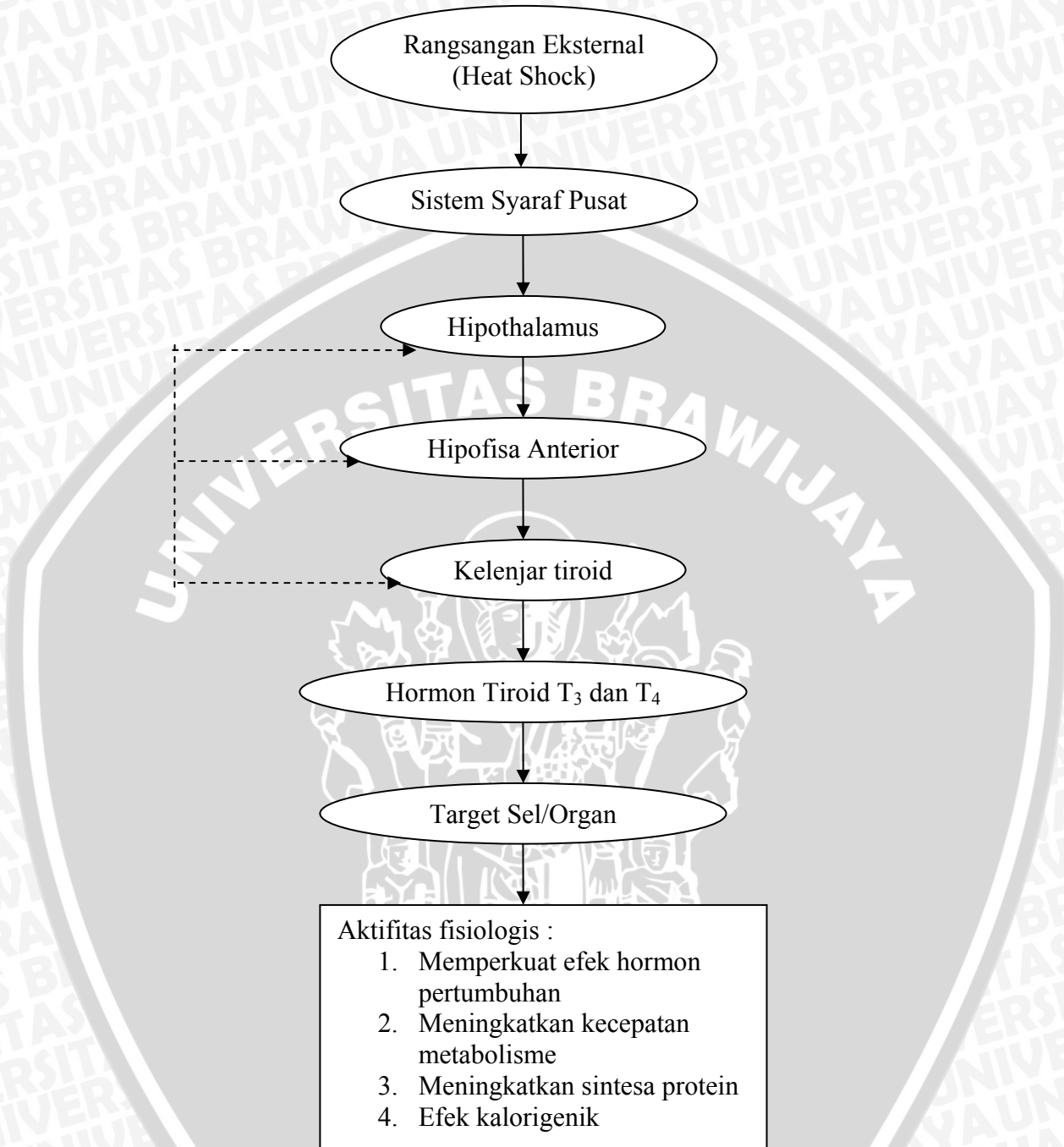
d. Kandungan karbondioksida (CO₂) dan gas lain

Adanya karbondioksida di dalam air aquarium akibat hasil buangan (sekresi) lobster air tawar. Dalam jumlah tertentu kadar CO₂ di dalam air dapat menjadi racun

sehingga jika dibiarkan akan membunuh lobster. Lobster air tawar masih bisa hidup normal pada kadar CO₂ kurang dari 20 mg/liter air.

Gas lainnya yang cepat larut didalam air adalah hydrogen sulfida (H₂S) dan NH₃. Keduanya menyebabkan bau busuk yang sangat menyengat dan beracun bagi lobster air tawar. Gas ini merupakan hasil penguraian bahan organik, terutama protein.





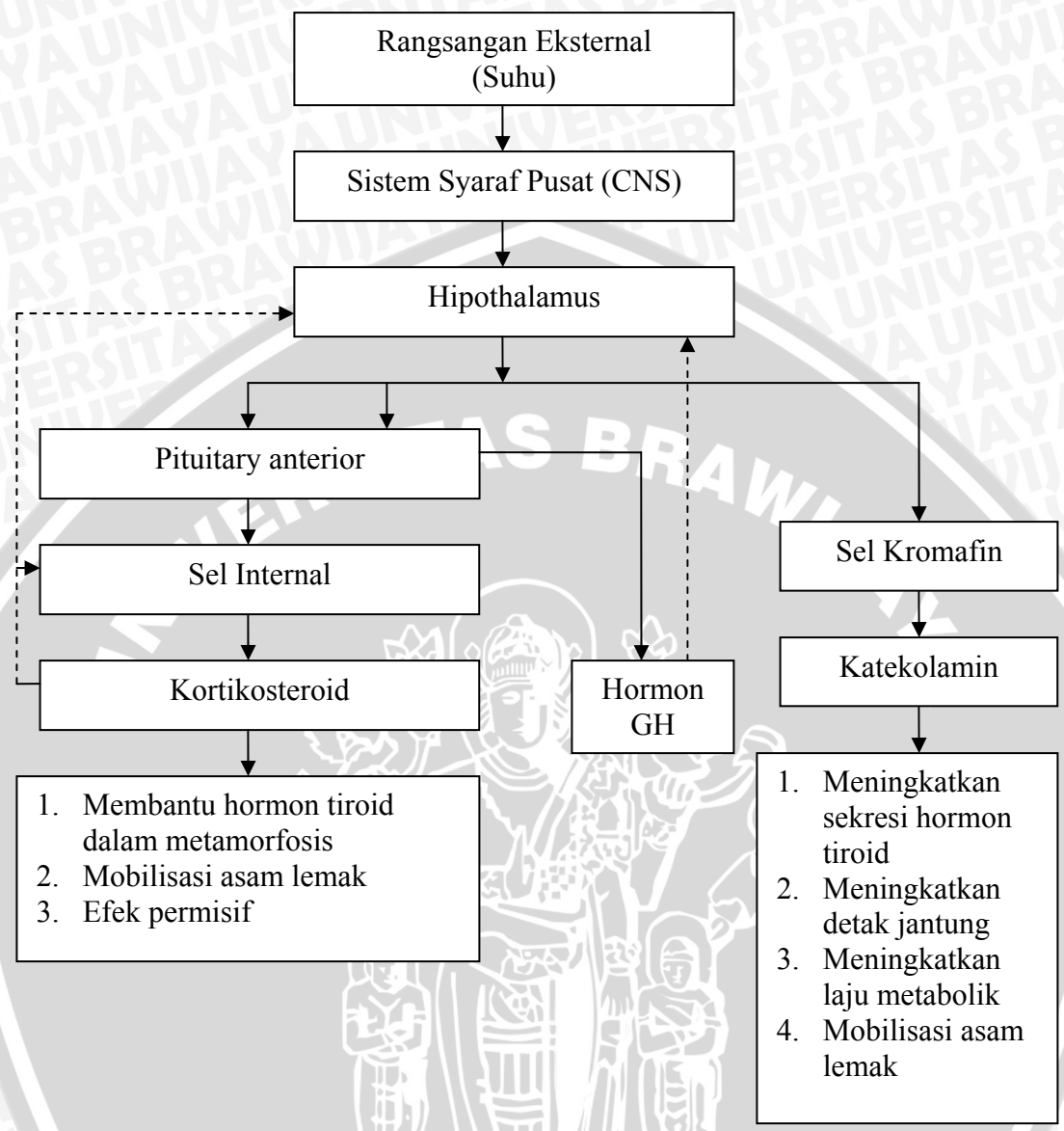
Keterangan :

———— = rangsangan

- - - - - = mekanisme umpan balik

Gambar 8. Mekanisme Kejutan Suhu Panas (Heat Shock) Terhadap Sekresi Hormon Tiroid (Modifikasi dari Ganong dan Guyton 1994 dalam Adiwijoyo, 2001)





Keterangan :
 ----- = sistem umpan balik negatif ("feedback mechanism")
 _____ = rangsangan

Gambar 9. Pengaturan Sekresi Hormon Kelenjar Adrenal (Modifikasi dari Ganong (1983), Guyton (1983), Pickering (1981), dan Williams (1981)).

III METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

3.1.1 Alat – Alat Penelitian

- Heater
- pH meter, DO meter
- 15 bak plastik volume 10 liter
- Selang plastik
- Timbangan analitik
- Saringan plastik
- Thermometer
- Shelter dari paralon
- Plastik hitam

3.1.2 Bahan - Bahan Penelitian

- Benih lobster air tawar berukuran 2 inci sebanyak 75 ekor
- Pellet sebagai pakan lobster dengan frekuensi pemberian dua kali sehari pada pukul 09.00 dan 16.00 WIB
- Air sebagai media hidup lobster air tawar yang berasal dari air tanah.

3.2 Metode dan Rancangan Penelitian

3.2.1 Metode Penelitian

Penelitian pemberian kejutan suhu panas melalui perendaman dengan lama waktu yang berbeda menggunakan metode penelitian eksperimen. Menurut Natzir

(1983) menyatakan bahwa metode penelitian yang menggunakan metode eksperimen merupakan metode penelitian yang melakukan manipulasi obyek penelitian untuk mengetahui ada atau tidak ada hubungan sebab akibat pada perlakuan yang diberikan dengan memakai kontrol sebagai pembanding dengan teknik pengambilan data secara langsung yang dilakukan dengan cara observasi langsung.

3.2.2 Bentuk Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). RAL ini digunakan untuk penelitian yang mempunyai media homogen atau seragam sehingga tidak berpengaruh pada respon yang diamati (Sastrosupadi *dalam* Dewi, 2006).

Berdasarkan dari hasil penelitian Sintaka (2007) suhu optimal yang digunakan untuk perlakuan kejutan suhu panas ini adalah 36°C selama 2 menit, perlakuan ini masih dapat ditolerir oleh benih lobster air tawar ukuran 2 inci.

Perbedaan lama perendaman kejutan suhu panas yang dimaksudkan adalah sebagai berikut :

- a. Lama perendaman 1 menit
- b. Lama perendaman 1,5 menit
- c. Lama perendaman 2 menit
- d. Lama perendaman 2,5 menit
- e. Kontrol (tidak diberikan perlakuan kejutan suhu)

Adapun model umum dari Rancangan Acak Lengkap sebagai berikut :

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Keterangan :

$i = 1, 2, 3, \dots, t$

$j = 1, 2, 3, \dots, n$

dengan

Y_{ij} = nilai pengamatan pada perlakuan ke i ulangan ke j

μ = nilai tengah umum

τ_i = pengaruh perlakuan ke i

ϵ_{ij} = pengaruh acak (kesalahan percobaan) pada perlakuan ke i ulangan ke j

setiap perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali, sehingga terdapat 12 unit percobaan.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Persiapan Penelitian

Pada saat persiapan meliputi persiapan alat dan bahan, persiapan tersebut antara lain :

- ❖ 15 bak plastik yang akan dipergunakan dalam penelitian dicuci dan dikeringkan. Masing-masing bak plastik diberikan label dan diletakkan sesuai dengan lay out percobaan.
- ❖ Satu unit bak untuk kejutan suhu dipersiapkan termasuk heater.
- ❖ Dipersiapkan juga alat-alat pendukung seperti thermometer, saringan plastik, timbangan analitik dan sebagainya.
- ❖ Persiapan bahan antara lain pengadaptasian lobster air tawar sebagai hewan uji.

- ❖ Pemberian pakan selama masa adaptasi dengan pakan yang berbentuk pellet.

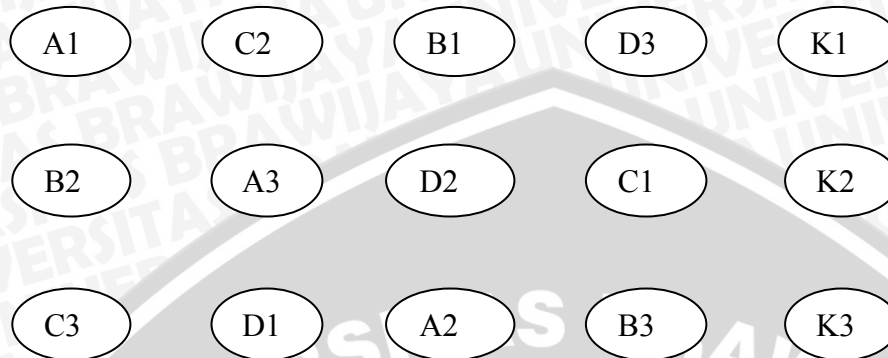
3.3.2 Pelaksanaan Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian dilakukan :

- ❖ Bak-bak penelitian diisi air dan diaerasi selama 24 jam agar kandungan oksigen pada bak dapat memenuhi kebutuhan benih lobster air tawar.
- ❖ Dilakukan pengukuran kualitas air pada bak-bak penelitian.
- ❖ Lobster air tawar yang telah diadaptasikan dengan lingkungan ditimbang dengan timbangan analitik dan kemudian dimasukkan ke dalam bak-bak penelitian yang telah dipersiapkan dengan kepadatan 5 ekor/bak.
- ❖ Lobster air tawar diberi kejutan suhu panas dengan lama perendaman yang berbeda yaitu 1 menit (A); 1.5 menit (B); 2 menit (C); 2.5 menit (D); dan kontrol (K) yang tidak diberikan perlakuan sama sekali.
- ❖ Lobster air tawar dikembalikan ke dalam bak penelitian semula.
- ❖ Frekuensi pemberian pakan dilakukan 2 kali sehari, yaitu pada pukul 09.00 dan 16.00.
- ❖ Pergantian air dilakukan setiap sebelum pemberian pakan, dengan cara penyiponan sehingga sisa pakan dan feses dapat terbuang.
- ❖ Kualitas air meliputi suhu, DO, dan pH diukur setiap hari.
- ❖ Pengamatan kecepatan pertumbuhan lobster air tawar dilakukan setiap satu minggu sekali yaitu dengan cara penimbangan lobster air tawar uji setiap bak-bak penelitian.
- ❖ Diamati dan dicatat jumlah molting pada tiap-tiap bak.

3.3.3 Denah penelitian

Denah untuk penelitian sebagai berikut :



3.3.4 Parameter uji

Parameter utama yang diukur adalah kecepatan pertumbuhan lobster air tawar uji dan kelulushidupan. Perhitungan berat tubuh benih lobster air tawar menggunakan rumus pertumbuhan sesaat atau *Specific Growth Rate* (SGR) menurut Hariati (1989) adalah sebagai berikut :

- *Specific Growth Rate*

$$SGR = \frac{(\ln wt - \ln wo)}{t} \times 100\%$$

keterangan :

- SGR : laju pertumbuhan spesifik (% /BW/hari)
- Wt : berat rata-rata lobster air tawar pada waktu t (gram)
- Wo : berat rata-rata lobster air tawar pada awal penelitian (gram)
- T : waktu yang diperlukan selama penelitian (hari)

Sedangkan kelulushidupan atau *Survival Rate* (SR) dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

- *Survival Rate* (SR)

$$SR = \frac{N_t}{N_o} \times 100\%$$

keterangan :

SR : kelulushidupan benih lobster air tawar

Nt : jumlah benih yang hidup pada akhir penelitian (individu)

No : jumlah benih hidup pada awal penelitian (individu)

(Hariati, 1989)

Suhu, oksigen terlarut dan pH diukur setiap harinya data tersebut digunakan sebagai parameter penunjang yang diukur menggunakan thermometer, DO meter, dan pH meter.

3.4 Analisa Data

Dari penelitian yang dilakukan akan diperoleh data, yang diolah dengan menggunakan analisis ragam (Uji F). Apabila diperoleh hasil F hitung lebih besar dari F tabel 5% maka antar perlakuan terdapat perbedaan secara nyata selanjutnya untuk melihat perlakuan terbaik akan dilanjutkan dengan menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT).

Laju pertumbuhan spesifik dari lobster air tawar akan dilakukan perhitungan analisis regresi untuk mengetahui hubungannya dengan perlakuan yang dilakukan. Perhitungan ini dilakukan untuk menentukan sifat dari fungsi yang memberikan keterangan tentang pengaruh perlakuan pada respon, terdapat pada lampiran.

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Laju Pertumbuhan Sesaat

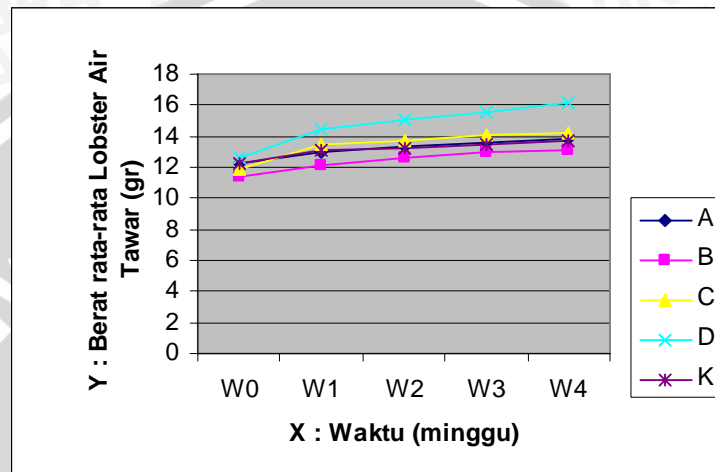
Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan selama 28 hari diperoleh hasil yang sangat nyata bagi laju pertumbuhan spesifik benih lobster air tawar. Hal itu ditunjukkan dengan data berat rata-rata benih lobster air tawar dari masing-masing perlakuan yang mengalami kenaikan seperti yang tertera pada tabel 1 berikut ini :

Tabel 1. Data Berat Rata - Rata Benih Lobster Air Tawar Selama Penelitian (gram)

| Perlakuan | W0 | W1 | W2 | W3 | W4 | Rata-rata |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| A | 12,21 | 13,04 | 13,30 | 13,62 | 13,87 | 13,20 |
| B | 11,37 | 12,17 | 12,60 | 13,00 | 13,16 | 12,46 |
| C | 11,86 | 13,50 | 13,73 | 14,10 | 14,26 | 13,49 |
| D | 12,66 | 14,41 | 15,06 | 15,49 | 16,12 | 14,74 |
| K | 12,20 | 13,08 | 13,21 | 13,47 | 13,66 | 13,12 |

Dari data di atas dapat diketahui bahwa perlakuan A dengan jenis perlakuan lama pemberian kejutan suhu selama 1 menit mengalami peningkatan berat sebesar 1,66 gram, perlakuan B dengan lama pemberian kejutan suhu selama 1,5 menit sebesar 1,79 gram, untuk perlakuan C dengan lama pemberian kejutan suhu 2 menit mengalami peningkatan berat sebesar 2,4 gram dan untuk perlakuan D dengan lama pemberian selama 2,5 menit mengalami peningkatan berat benih sebesar 3,46 gram. Dari semua perlakuan tersebut dapat diketahui bahwa perlakuan D yang paling besar mengalami

peningkatan berat benih lobster air tawar di antara perlakuan-perlakuan yang lain. Parameter pembandingan yang digunakan adalah kontrol (Perlakuan E), yaitu tanpa perlakuan lama pemberian kejutan suhu panas yang hanya mengalami peningkatan sebesar 1,46 gram. Hal ini bisa diketahui dari data di bawah ini (Sintaka 2007) :



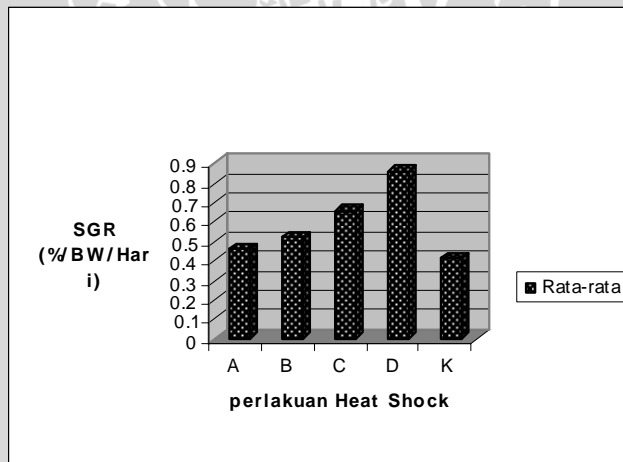
Gambar 10. Grafik Rata-rata Pertumbuhan Benih Lobster Air Tawar (*Cherax quadricarinatus*)

Pada grafik di atas bisa dilihat bahwa pada perlakuan D memiliki grafik yang paling tinggi dibandingkan dengan grafik perlakuan yang lain. Hal ini dikarenakan perlakuan D menjadi eksternal stressor yang dapat menjadi stimulan yang memerlukan tanggapan fisiologis lebih oleh benih lobster air tawar dalam usaha beradaptasi dengan stimulan dibandingkan dengan perlakuan-perlakuan yang lainnya. Hal ini sesuai dengan pernyataan dasar bahwa peningkatan suhu 10°C menyebabkan peningkatan metabolisme 5 - 3 kali (Fujaya, 2004). Dengan perlakuan D (lama pemberian kejutan suhu selama 2,5 menit), respon utamanya melepaskan hormon stress yang mengakibatkan peningkatan rata-rata reaksi kimia maupun biokimiawi dalam tubuh. Hal ini dikemukakan oleh Pickering (1981) bahwa peningkatan temperatur akan menyebabkan peningkatan rata-rata reaksi kimia maupun biokimia.

Tabel 2. Data Laju Pertumbuhan Sesaat (SGR) Benih Lobster Air Tawar (%/BW/hari)

| Perlakuan | Ulangan | | | Total | Rata-rata |
|--------------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| A | 0,63487 | 0,35448 | 0,38999 | 1,37934 | 0,45978 |
| B | 0,43476 | 0,55644 | 0,57415 | 1,56535 | 0,52178 |
| C | 0,74332 | 0,71211 | 0,52465 | 1,98008 | 0,66002 |
| D | 0,80205 | 0,86713 | 0,91805 | 2,58723 | 0,86241 |
| Total | | | | 7,512 | |
| K | 0,66386 | 0,29779 | 0,26966 | 1,23131 | 0,41043 |

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai rata-rata laju pertumbuhan sesaat benih lobster air tawar yang tertinggi adalah perlakuan D dan diikuti berturut-turut oleh perlakuan C, B, A dan kontrol. Nilai tertinggi diperoleh perlakuan D yaitu sebesar 0,86241% dan kemudian berturut-turut perlakuan C sebesar 0,66002%, perlakuan B sebesar 0,52178%, dan perlakuan A sebesar 0,45978%. Untuk perlakuan kontrol mempunyai nilai rata-rata laju pertumbuhan sesaat adalah 0,41043%.



Gambar 11. Histogram Laju Pertumbuhan Benih Lobster Air Tawar

Setelah melakukan perhitungan data laju pertumbuhan benih lobster air tawar, dilakukan perhitungan analisa sidik ragam yang menggunakan tingkat kepercayaan 95% sampai 99%. Perhitungan analisa ragam yang dilakukan ini untuk mengetahui perlakuan

yang telah diberikan mempunyai pengaruh terhadap laju pertumbuhan benih lobster air tawar.

Tabel 3. Analisa Sidik Ragam Laju Pertumbuhan Sesaat (SGR) Benih Lobster Air Tawar

| Sbr Keragaman | db | JK | KT | F hit | F tab 5% | F tab 1% |
|------------------|----|---------|---------|--------|----------|----------|
| Perlakuan | 3 | 0,2866 | 0,09553 | 8,23** | 4,07 | 7,59 |
| Acak | 8 | 0,09282 | 0,01160 | | | |
| Total | 11 | 0,37942 | | | | |

Keterangan : ** = berbeda sangat nyata

Pada hasil uji statistik diperoleh hasil pada tingkat kepercayaan 95% dan 99% menunjukkan bahwa perlakuan berupa lama pemberian kejutan suhu panas memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap laju pertumbuhan sesaat (SGR) benih lobster air tawar. Hal ini dibuktikan dengan nilai f hitung (8,23) lebih besar dibandingkan dengan nilai f tabel 1% (7,59) ($F_{hit} > F_{tab 1\%}$).

Benih lobster air tawar yang sebagai hewan uji dalam penelitian ini yang mendapatkan perlakuan lama pemberian kejutan suhu panas (*heat shock*) mengalami peningkatan laju metabolisme. Hal ini disebabkan karena benih lobster air tawar mendapatkan eksternal stressor berupa *heat shock* di mana benih tersebut ditempatkan ke lingkungan suhu yang lebih tinggi dibandingkan lingkungan suhu pada tempat asal hidupnya. Pada umumnya lobster air tawar hidup pada suhu 19 – 25 °C. Sehingga dengan kondisi suhu lingkungan yang meningkat menjadi eksternal stressor bagi lobster air tawar dan membutuhkan respon stress terhadap perlakuan yang telah diberikan. Seperti yang dikatakan Paterson dan Spanoghe (1997) bahwa ketika sistem pengatur fisiologis diperluas melebihi tingkat normal oleh eksternal stressor, respon stress terjadi. Kegagalan semua bagian dari gabungan respon homeostatik bisa menuntun pada

peningkatan kerusakan fisiologis dan pada akhirnya mati. Hariati (1989) berpendapat perubahan suhu akan mempengaruhi kecepatan metabolisme.

Selain mengalami peningkatan laju metabolisme, benih lobster air tawar ini juga mengalami peningkatan *hemolymph* CHH (*Crustacean Hyperglycemic Hormone*) dan juga memproduksi *heat shock proteins* (HSP) (Chang, 1999). Pengaturan glukosa *hemolymph* dimediasikan dengan pelepasan yang disatukan dan disimpan terlebih dahulu pada tangkai mata X-organ dan dilepaskan atau dikeluarkan dari kelenjar sinus (Chang, 2005). CHH (*Crustacean Hyperglycemic Hormone*) terdiri dari 72- 78 asam amino dan menunjukkan rangkaian asam amino yang hampir sama antara satu dengan yang lainnya (Katayama *et al.*, 2006). Neuropeptida ini disintesis dalam X-organ, yang terletak di medula terminalis dari tangkai mata (*eyestalk*) yang kemudian ditransport dan disimpan dalam terminal axon berbentuk organ neurohaemal dinamakan SG (*Sinus Gland*) dan dilepaskan ke dalam darah (*hemolymph*).

Dengan peningkatan CHH juga menyebabkan lebih cepat terinduksinya metabolisme karbohidrat dari biasanya. Dengan lebih cepat terinduksinya metabolisme karbohidrat ini mempercepat proses terdehidrogenase gula pentosa menjadi *glukosa 6-phosphat*. Gula pentosa ini juga terpecah menjadi *heksosa monophosphat*. *Glukosa 6-phosphat* terpecah menjadi energi dan pentosa di mana keduanya digunakan oleh lobster air tawar dalam proses molting (*intermoulting*). Dengan pemberian kejutan suhu panas membuat *glukosa 6-phosphat* membuat percabangan kebawah untuk membantu proses glikolisis. Proses glikolisis ini membantu lobster air tawar dalam mempersiapkan energi serta meningkatkan jumlah hormon *ecdysone* dan menekan jumlah dari *heksosa monophosphat* (MIH) untuk digunakan pada saat molting. Proses ini terjadi di awal molting (*proecdysis*). Dengan meningkatnya jumlah *ecdysone* dan energi yang

dibutuhkan lebih cepat yang diberikan perlakuan lama pemberian kejutan suhu panas membuat lebih cepat terjadinya proses molting. Kulit lama akan tersintesis dan digantikan oleh kulit baru. Pada saat pembentukan kulit baru lobster air tawar akan melakukan penyerapan air untuk membantu perluasan kulit baru tersebut. Setelah proses tersebut telah selesai kulit baru tersebut akan mengeras. Pada saat yang bersamaan air akan keluar sedikit demi sedikit dan akan digantikan oleh protein.

Protein ini berupa pentosa yang tersintesis menjadi bahan dasar pembentukan dari DNA, RNA, dan asam nukleat lainnya yang dibutuhkan oleh lobster dalam pertumbuhannya.

Peptida CHH menunjukkan berbagai macam aktivitas biologi, beberapa peptida CHH berfungsi dalam menekan molting (Katayama dan Nagasawa, 2006; Webster dan Dirrksen, 2000; Chung dan Webster, 1999), pengaturan dan peningkatan glukosa darah atau pun metabolisme glukosa (Van herp, 1998; Abramowitz *et al.*, 1944; Fingerman, 1987; Laufer *et al.*, 2002), menghambat *ecdysteroid* dan atau produksi *methyl farnesoate* (Webster, 1998; Katayama *et al.*, 2006), metabolisme lemak (Santos *et al.*, 1997), respon stress (Keller dan Orth, 1990; Webster, 1996; Lorenzon *et al.*, 1997; 2002; Chang *et al.*, 1999; Duran *et al.*, 2000; Santos *et al.*, 2001), sintesis protein ovari (Khayat *et al.*, 1998) dan pengaturan hidromineral (Chung *et al.*, 1999; Spanning-Pierrot *et al.*, 2000), pengaturan pemasukkan air dan ion pada saat *ecdysis* (Serrano, 2003). Chang *et al* (1999) meneliti peningkatan drastis dan mencapai puncak dalam sirkulasi CHH yaitu pada saat proses *ecdysis*. Seperti dinyatakan Chung *et al* (1999) bahwa peningkatan CHH juga terjadi pada proses *ecdysis* yang bertanggung jawab untuk pemasukkan secara cepat kebutuhan air untuk perluasan eksoskeleton baru. Hal ini diuji juga oleh Aiken (1973) yang membuktikan CHH *hemolymph* selama siklus molting dan

mendapatkan bahwa terjadi peningkatan CHH selama waktu penyelesaian *ecdysis*. CHH ikut terlibat dalam prose *ecdysis* yang berperan dalam pengaturan pH dan air.

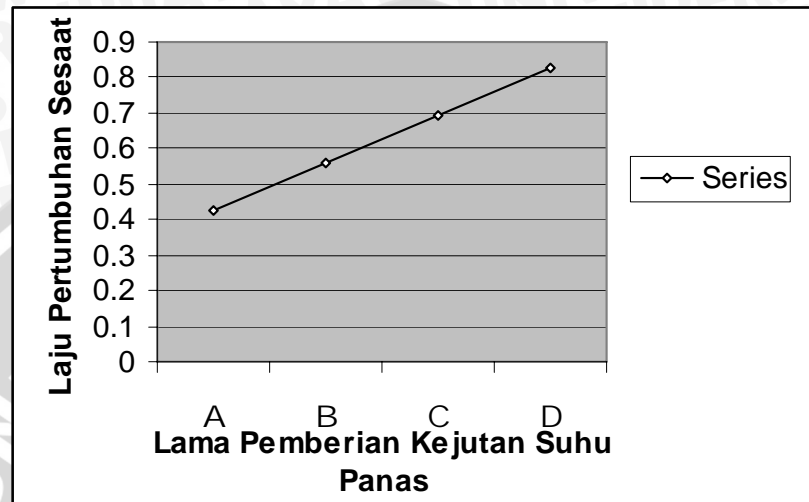
Untuk mengetahui perlakuan yang memberikan pengaruh perlakuan terbaik dilakukan Uji Beda Nyata Terkecil, seperti yang tertera pada tabel 4.

Tabel 4. Uji Beda Nyata Terkecil (BNT)

| Perlakuan | Rerata | Notasi |
|-----------|---------|--------|
| A | 0,45978 | a |
| B | 0,52178 | ab |
| C | 0,66002 | b |
| D | 0,86241 | c |

Dari uji BNT di atas dapat diketahui bahwa perlakuan D memberikan pengaruh yang terbaik terhadap pertumbuhan benih lobster air tawar. Setelah perlakuan D, perlakuan terbaik kedua adalah perlakuan C, dan berikutnya perlakuan B dan A memiliki notasi yang sama. Hal tersebut menandakan bahwa perlakuan A dan perlakuan B memberikan pengaruh yang sama terhadap benih lobster air tawar. Perlakuan D dengan lama pemberian 2,5 menit mampu menjadi pemicu atau sebagai stimulan yang baik pada X-organ untuk meningkatkan produksi CHH. Dengan meningkatnya CHH menyebabkan lebih cepat terinduksi metabolisme karbohidrat dalam menghasilkan *glukosa 6-phosphat* untuk menyediakan energi yang dibutuhkan dalam proses molting dan meningkatkan hormon *ecdysone*. Dari hasil uji BNT ini dapat dilihat bahwa respon terhadap laju pertumbuhan sesaat benih lobster air tawar dipengaruhi oleh adanya pemberian kejutan suhu panas yang menyebabkan X-organ – sinus gland (XO-SG) menghasilkan dan mengeluarkan neuropeptida CHH untuk lebih cepat menginduksi metabolisme karbohidrat. Sehingga kebutuhan energi, protein dan hormon *ecdysone* yang diperlukan lobster air tawar pada saat molting bisa terpenuhi.

Setelah dilakukan analisa sidik ragam regresi didapatkan hubungan yang linier antara lama pemberian kejutan suhu yang berbeda dengan laju pertumbuhan sesaat benih lobster dengan persamaan $Y = 0,15486 + 0,26922$ dengan korelasi r sebesar 0,70280.



Gambar 12. Grafik Hubungan Antara Perbedaan Lama Pemberian Kejutan Suhu Panas (*heat shock*) (X) Terhadap Laju Pertumbuhan Sesaat (Y)

Pada gambar di atas dapat diketahui bahwa antara lama pemberian kejutan suhu panas dan laju pertumbuhan sesaat benih lobster air tawar berbanding lurus (linier). Lama pemberian kejutan suhu panas juga memberikan pengaruh secara nyata terhadap laju pertumbuhan sesaat benih lobster air tawar. Titik terendah berada pada perlakuan A dengan lama pemberian kejutan suhu panas 1 menit yang berarti perlakuan A ini bisa meningkatkan CHH dalam darah dan akhirnya ikut mempercepat proses *ecdysis* dalam penyerapan air. Tetapi, perlakuan D dengan lama pemberian kejutan suhu panas (*heat shock*) selama 2,5 menit lebih baik dalam memacu peningkatan CHH dalam menginduksi metabolisme karbohidrat dibandingkan dengan perlakuan A. Dengan lebih cepat terinduksinya metabolisme karbohidrat, kebutuhan energi, protein serta hormon *ecdysone* yang dibutuhkan oleh lobster air tawar dalam melakukan molting bisa tersedia

yang pada akhirnya memacu lebih cepat terjadinya proses molting. Sehingga lobster air tawar mengalami peningkatan laju pertumbuhan.

4.2 Kelulushidupan

Selain menggunakan parameter laju pertumbuhan sesaat lobster air tawar, kelulushidupan lobster air tawar juga digunakan sebagai parameter utama yang kedua dalam penelitian ini. Hal ini dilakukan untuk mengetahui bahwa penelitian lama pemberian kejutan suhu panas yang berbeda memberikan pengaruh terhadap kelulushidupan benih lobster air tawar.

Tabel 5. Data Kelulushidupan Benih Lobster Air Tawar

| Perlakuan | Ulangan | N0 | Nt | SR(%) | Rata-rata |
|-----------|---------|----|----|-------|-----------|
| A | 1 | 5 | 5 | 100 | 100% |
| | 2 | 5 | 5 | 100 | |
| | 3 | 5 | 5 | 100 | |
| B | 1 | 5 | 5 | 100 | 100% |
| | 2 | 5 | 5 | 100 | |
| | 3 | 5 | 5 | 100 | |
| C | 1 | 5 | 5 | 100 | 93,33% |
| | 2 | 5 | 5 | 100 | |
| | 3 | 5 | 4 | 80 | |
| D | 1 | 5 | 5 | 100 | 93,33% |
| | 2 | 5 | 4 | 80 | |
| | 3 | 5 | 5 | 100 | |

Dari data tabel 5 bisa dilihat bahwa pada perlakuan A dan B jumlah individu yang hidup pada akhir penelitian sama dengan jumlah individu yang hidup pada awal penelitian. Untuk perlakuan C ulangan ke-tiga dan perlakuan D ulangan ke-dua jumlah individu di akhir penelitian tidak sama dengan jumlah individu pada saat awal penelitian. Hal ini diakibatkan karena terjadinya kanibalisme oleh individu benih lobster yang lain pada saat terjadi proses pergantian kulit (*moulting*).

Tabel 6. Analisa Sidik Ragam Kelulushidupan (SR) Benih Lobster Air Tawar

| Sumber Keragaman | db | JK | KT | F hit | F tab 5% | F tab 1% |
|------------------|----|------|--------|--------------------|----------|----------|
| Perlakuan | 3 | 0.02 | 0.0006 | 0.75 ^{ns} | 4.07 | 7.59 |
| Acak | 8 | 0.07 | 0.0008 | | | |
| Total | 11 | 0.09 | | | | |

Keterangan : ^{ns} = tidak berbeda nyata

Dari data analisa sidik ragam di atas bisa diketahui bahwa lama pemberian kejutan suhu panas terhadap benih lobster tidak mempengaruhi kelulushidupan benih tersebut. Salah satu alasan yang membuat jumlah individu lobster yang hidup pada awal dan akhir penelitian sama adalah karena jumlah padat penebaran benih yang ditebar pada wadah penelitian tidak terlalu padat (5 ekor/bak). Benih lobster masih mempunyai ruang gerak yang cukup dalam wadah tersebut sehingga tidak terjadinya persaingan antar benih dalam bergerak. Hal ini sesuai dengan pendapat Wiyanto dan Hartono (2003) bahwa padat penebaran yang ideal untuk lobster muda didalam bak adalah 40-60 ekor/m². Selain itu, jumlah pakan yang diberikan memenuhi kebutuhan benih lobster air tawar. Selama masa pemeliharaan benih lobster air tawar diberikan pakan secara *adlibitum* dengan frekuensi pemberian 2 kali dalam sehari pada pukul 09.00 dan 16.00. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari persaingan antara benih lobster air tawar dalam hal mendapatkan makanan yang bisa menyebabkan perkelahian dan kanibalisme. Effendi (1997) menyatakan persaingan terhadap makanan merupakan hal paling penting karena persaingan ini sering terjadi antara individu didalam satu spesies. Selain jumlah pakan yang diberikan harus tepat, pakan tersebut juga harus mengandung nutrisi yang dibutuhkan oleh benih lobster dalam menunjang pertumbuhannya. Kemungkinan lain yang bisa terjadi adalah kanibalisme pada saat proses *moulting*. Untuk pencegahan disediakan paralon ukuran ¼ inchi sebanyak 5 buah untuk per tiap wadah penelitian.

Pada umumnya setiap lobster mengalami proses molting ketika mengalami pertumbuhan pada dirinya. Pada saat proses molting lobster tersebut akan mengeluarkan aroma yang ditimbulkan cairan pelicin sehingga memancing lobster lain untuk memangsanya. Wiyanto dan Hartono (2003) mengemukakan kemungkinan munculnya sifat kanibal saat lobster molting adalah aroma yang ditimbulkan oleh cairan pelicin yang dikeluarkan lobster saat proses molting, sehingga memancing lobster lain untuk memangsanya.

4.3 Kualitas Air

Pengukuran kualitas air dilakukan selama penelitian dilakukan setiap hari. Pengukuran suhu air menggunakan DO meter yang terintegrasi dengan thermometer, sedangkan pengukuran pH menggunakan pH meter. Untuk menjaga kualitas air dan kebersihan wadah pemeliharaan dilakukan penyiponan setiap harinya. Penyiponan ini dilakukan sebelum diberikannya pakan.

4.3.1 Suhu Air

Berdasarkan hasil pengukuran suhu air pada lampiran 3, kisaran suhu air media pemeliharaan ini antara 23-28,6 °C. Menurut Sukmajaya dan Suharjo (2003), lobster air tawar dapat hidup dan tumbuh pada suhu air optimum 23 - 31 °C. Suhu air yang diukur pada penelitian ini telah sesuai dengan suhu air optimum lobster air tawar.

Dari data analisa ragam (lampiran 3) diketahui bahwa suhu air selama masa pemeliharaan tidak berpengaruh nyata terhadap laju pertumbuhan sesaat benih lobster air tawar. Hal ini dikarenakan suhu air selama masa pemeliharaan telah sesuai dengan suhu air optimum yang telah ditentukan dan dalam batas toleransi yang masih diterima oleh benih lobster air tawar. Pada pagi hari, suhu lebih rendah daripada siang hari karena intensitas penyinaran matahari belum maksimal. Kenaikan suhu terjadi seiring

dengan naiknya intensitas penyinaran. Pada malam hari, suhu perairan akan kembali menurun karena menurunnya intensitas penyinaran. Menurut Mudjiman (2001), Suhu air merupakan faktor lingkungan yang sangat berpengaruh terhadap laju metabolisme. Dengan membutuhkan banyak energi maka laju metabolisme akan naik dengan seiring naiknya suhu air.

4.3.2 Oksigen Terlarut

Fluktuasi kadar DO pada perairan terjadi seiring dengan fluktuasi suhu. Konsentrasi oksigen terlarut paling tinggi adalah pada suhu 0 °C dan menurun seiring dengan meningkatnya suhu (Boyd, 1982).

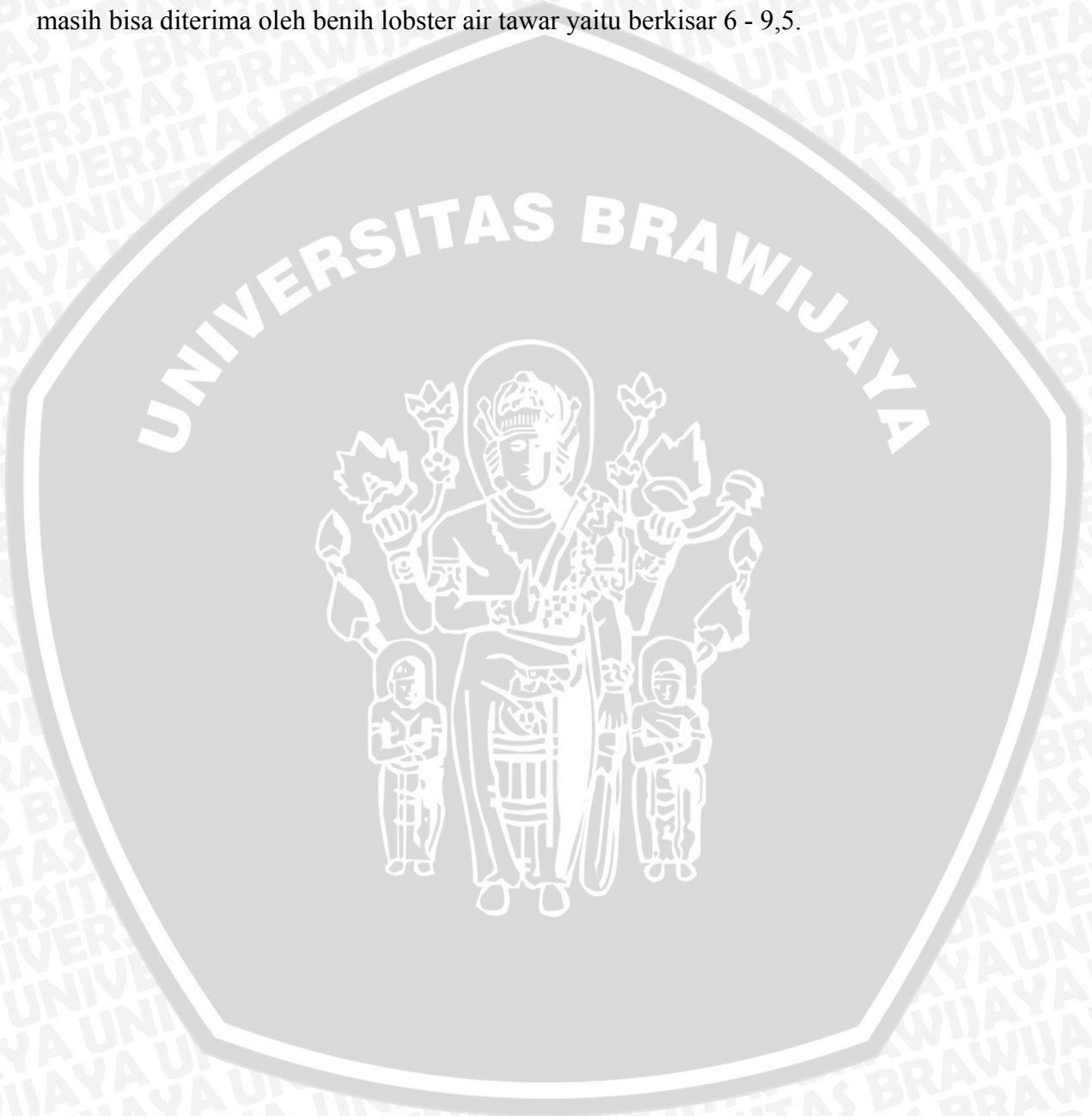
Berdasarkan hasil pengukuran oksigen terlarut selama penelitian yang dapat dilihat pada lampiran 4, didapatkan rata-rata kadar oksigen terlarut 4-5.15 mg/l. Hal ini sesuai dengan toleransi lobster air tawar terhadap kadar oksigen terlarut, yaitu berkisar antara 3 - 5 mg/l (Sukmajaya dan Suharjo, 2003).

Perbedaan kadar oksigen terlarut tidak terlalu berbeda karena dalam setiap bak diberikan aerasi yang bertujuan untuk menjaga stabilitas kadar oksigen terlarut dalam air selama penelitian.

4.3.3 pH

Berdasarkan hasil pengukuran kualitas air pada lampiran 5, rata-rata nilai pH selama masa pemeliharaan adalah 7-7,40. Nilai pH yang terukur telah sesuai dengan kisaran nilai pH yang dapat ditoleransi oleh lobster air tawar. Lobster air tawar hidup pada perairan dengan kisaran pH sedikit alkalin yaitu antara 7 - 9 (Anonymous, 2006). Sedangkan menurut Sukmajaya dan dan Suharjo (2003), keasaman air yang mendukung lobster adalah 6 - 9,5.

Dari hasil perhitungan analisa ragam di atas diketahui bahwa pH dalam masa pemeliharaan benih tidak berbeda nyata terhadap laju pertumbuhan sesaat benih lobster air tawar. Nilai pH dalam masa pemeliharaan tersebut masih dalam batas toleransi yang masih bisa diterima oleh benih lobster air tawar yaitu berkisar 6 - 9,5.



V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian tentang lama pemberian kejutan suhu panas (*heat shock*) yang berbeda terhadap laju pertumbuhan sesaat benih lobster air tawar (*Cherax quadricarinatus*) bisa disimpulkan bahwa :

- Perlakuan lama pemberian kejutan suhu panas (*heat shock*) yang berbeda terhadap laju pertumbuhan sesaat benih lobster air tawar memberikan pengaruh yang sangat berbeda nyata.
- Perlakuan D merupakan perlakuan yang terbaik pada laju pertumbuhan sesaat sebesar 0,86 %/BW/hari dibandingkan dengan laju pertumbuhan yang normal (kontrol) hanya sebesar 0,41%/BW/hari, sedangkan perlakuan A merupakan perlakuan yang terendah pada laju pertumbuhan sesaat hanya sebesar 0,45%/BW/hari.
- Perlakuan lama pemberian kejutan suhu panas (*heat shock*) yang berbeda ini membentuk hubungan yang linier terhadap laju pertumbuhan sesaat benih lobster air tawar dengan uji persamaan $Y = 0,15486 + 0,26922$ dengan korelasi r sebesar 0,70280.
- Dari data kelulushidupan diketahui bahwa lama pemberian kejutan suhu panas ini tidak mempengaruhi dari kelulushidupan benih lobster air tawar dengan nilai rata-rata kelulushidupan sebesar 96,66 %.
- Dalam penelitian ini kualitas air tidak memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap laju pertumbuhan sesaat benih lobster air tawar karena masih

dalam batas toleransi yang bisa diterima oleh benih tersebut. Kisaran rata-rata suhu air selama masa pemeliharaan antara 23-28,6 °C, DO berkisar antara 4-5,15 mg/l, dan pH berkisar antara 7-7,40.

5.2 Saran

- Agar mendapatkan laju pertumbuhan sesaat yang lebih cepat akan lebih baik bila diberikan perlakuan lama pemberian kejutan suhu panas (*heat shock*) selama 2,5 menit dengan suhu 36 °C.
- Masih diperlukannya penelitian lanjutan mengenai uji protein untuk mengetahui keberadaan dari HSPs.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2006. **Life as a Lobster in Long Island Sound: Biology and Life Cycle.**
<http://www.seagrant.sunysb.edu/LILOBSTER/LHN.Fall03sup.pdf>
- _____. 2006. **Thermal Tolerances and Preferences of the Crab Spiders *Misumenops asperatus* and *Misumenoides formosipes* (Araneae, Thomosidae).**
http://www.americanarachnology.org/JoA_N27_n2/arac_27_02_6470.pdf
- _____. 2004. **Molting Hormonal Control**
<http://www.colorado.edu/eeb/courses/3850guralnick/Lecture23d2004.ppt>
- Aiken, D. E. 1973. **Proecdysis, Setal Development, and Molt Prediction In The Lobster.** J Fish. Res. Board Canada. 30.: 1334-1337.
- Boyd, C. E. 1982. **Water Quality in Ponds For Aquaculture.** Birmingham Publishing Co. Alabama. 482 p.
- Chang, E. S., R. Keller, and S. A. Chang. 1998. **Quantification of Crustacean Hyperglycemic Hormone by ELISA in Hemolymph of The Lobster, *Homarus americanus*, Following Various Stresses.** Gen. Comp. Endocrinol. 111:359-366.
- Chang, E. S. 2001. **Crustacean Hyperglycemic Hormone Family: Old Paradigms and New Perspective.** Am Zool 41: 380-388.
- Chang, E. S. 2005. **Stressed-Out Lobster : Crustacean Hyperglcemic Hormone and Stress Proteins.** Integrative and Comparative Biology. 45(1):43-50.
- Chung, J. S. dan S. G. Webster. 1996. **Does The N-Terminal Pyruglutamate Residue Have Any Phsiological Significance For Crab hyperglycemic neuropeptides?.** Eur. J. Biochem, 240:358-364.
- Djojosoebagio, S. 1996. **Fisiologi Kelenjar Endokrin.** UI Press. Jakarta.
- Durand F, Devillers N, Lallier FH, and Regnault M. 2000. **Nitrogen Exrection and Change in Blood Components During Emertion of Subtidal Spider Crab *Maia squinado* (L).** Comp. Biochem. Physiol. 127A: 259-271.
- Elliot, A. M. 1957. **Zoologi.** Appeton-Century-Crofts. Inc. New York. 222-235 p.
- Effendie, M. I. 1997. **Biologi Perikanan.** Yayasan Pustaka Nusatama. Yogyakarta. 155 hal.

- Effendie, H. 2003. **Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan**. Kanisius. Yogyakarta. 258 hal.
- Factor, J. R. 1995. **Introduction, Anatomy, and Life History**. In J. R. Factor (ed.), *Biology of the lobster Homarus americanus*, Academic Press, Inc. San Diego. 1-11p.
- Fujaya, 2004. **Fisiologi Ikan Dasar Pengembangan Teknologi Perikanan**. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta. 179 hal.
- Fuse, M. Uchi, M. A. Harris, C. 2003. **Crustacean Hyperglycemic Hormone, a possible endocrine regulator of ecdysis in the Tobacco Hornworm, *Manduca sexta***. Pacific AAAS.
- Guyton A. C. 1983. **Fisiologi Kedokteran**. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta. 448 hal.
- Hadie, W., dan Hadie, L.E. 2002. **Budidaya Udang Galah Gi Marco**. Jakarta: Penebar Swadaya. 6 hal.
- Hariati, A. M. 1989. **Makanan Ikan**. Nuffic/Unibraw/Luw/Fish. Unibraw. Malang. 185 hal.
- Highnam, K. and Hill, L. 1969. **The Comparative Endocrinology of The Invertebrates**. London: Edward Arnold Ltd. 21-222 p.
- Huberman, A. 2000. **Shrimp Endocrinology**. *Aquaculture* .191:191-208
- Iskandar. 2003. **Budidaya Lobster Air Tawar**. Jakarta: Agromedia Pustaka. 76 hal.
- Jacinto, H. Villareal-Colmenares, L.E; Cruz-Suarez; R. Civera; H. Nolosco-Soria, A; Hernandez Lamas, 2003. **Effect of Different Dietary Protein and Lipid Level on Growth and Survival of Juvenile Australian Redclaw Crayfish, *Cherax quadricarinatus* (Voon Martens)**. *Aquaculture Nutrition* 11;283-291p.
- Kabakov Alkena, Gabai VL. 1960. **Heat Shock Proteins and Cytoprotection: ATP-Deprived Mammalian Cells (Molecular Biology Intelligence Unit)**. R.G Landes Company, 810 S.Texas. USA. 1-4 p.
- Lorenzon S, Giulianini PG, and Ferrero EA. 1997. **Lypopolysaccharide-induced Hyperglycemia is Mediated by CH Release in Crustaceans**. *Gen. Comp. Endocrinol.* 108:395-405.

- Lorenzon S, Pasqual P, and Ferrero EA. 2002. **Different Bacterial Lypopolysaccharides as Toxicants and Stressors in The Shrimp Palaemon elegans**. Fish Shellfish Immunol. 13:27-45.
- Lorenzon, S. 2005. **Review Hyperglycemic Stress Response in Crustacea**. J. Exp. Biol. in press.
- Mykles, D. L. **Interactions Between Limb Regeneration and Molting in Decapod Crustacean**. Amer Zool. 41 : 399-406.
- Natzir. 1983. **Metode Penelitian**. Ghalia Indonesia. Jakarta. 62 hal.
- Paterson, B. D. And P. T. Spanoghe. 1997. **Stress Indicators in Marine Decapod Crustaceans with Particular Reference to The Grading of Western Rock Lobster (*Panulirus Cygnus*) During Commercial Handling**. Bulletin of Enviromental Comtamination and Toxicology 56:425-431.
- Pickering, A. D. 1981. **Stress and Fish**. Academic Press Inc. Ltd. P 209-237.
- Rief'aeni, A. 2006. **Pengaruh Lama Kejutan Suhu Panas (*Heat Shock*) Yang Berbeda Terhadap Laju Pertumbuhan Spesifik (*SGR*) dan Tingkat Kelulushidupan (*SR*) Benih Ikan Koi (*Cyprinus carpio*)**. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang. 69 hal.
- Rouse, D. B. And Masser, P. M. 1997. **Australian Red Claw Crayfish**. SRAC Publication 244:1-8.
- Santos EA, Keller R, Rodriguez E, Lopez L. 2001. **Effects of Serotonin and Fluoxetine on Blood Glucose Regulation in Two Decapod Species**. Braz. J. Med. Boil. Res. 34: 75-80.
- Sintaka, D. 2007. **Pengaruh Pemberian Kejutan Suhu Panas (*Heat Shock*) Yang Berbeda Terhadap Laju Pertumbuhan Benih Lobster Air Tawar (*Cherax quadricarinatus*)**. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang. 65 hal.
- Serrano L, Biavillain G, Soyez D, Charmantier G, Grousset E, and Aujolat F. 2003. **Putative Involvement of Crustaceans Hyperglcemic Hormone Isoforms in The Neuroendocrine Mediation of Osmoregulation in The Crayfish *Astacus leptodactylus***. J. Exp. Biol. 206:979-988.
- Sukmajaya, Y, dan Suharjo I. 2003. **Lobster Air Tawar Komoditas Perikanan Prospektif**. Penerbit Agromedia Pustaka. Jakarta. 56 hal.
- Spannings-Pierrot C, Soyez D, van Herp F, Gompel M, Grousset E, and Charmantier G. 2000. **Involvement of Crustaceans Hyperglycemic Hormone in The Control of Gill Ion Transport in The Crab *Pachygrapsus marmoratus***. Gen. Comp. Endocrinol. 119:340-350.

Villee, C.A., Walker, W.F., Jr., and Barnes, R.D., alih bahasa Sugiri, N., (1988). **Zoologi Umum**. Edisi Keenam. Jakarta: Erlangga. 484 hal.

Waterman, T. H. 1960. **The Physiology Of Crustacea Metabolism and Growth**. Academic Press. New York San Fransisco London. 589 p.

Webster SG, Dirrcksen H, and Chung JS. 2000. **Endocrine Cells in The Gut of The Shore Crab *Carcinus maenas* Immunoreactive to Crustaceans Hyperglycemic Hormone and Its Precursor-related Peptide**. Cell Tissue Res. 300:193-205.

_____. 2002. **Is Crustacean Hyperglycemic Hormone Precursor-Related Peptide A Circulating Hormone in Crabs ?**. Cell Tissue Res. 307: 129-138.

_____. 2005. **Dynamics of in Vivo Release of Molt-Inhibiting Hormone and Crustacean Hyperglycemic Hormone in the Shore Crab, *Carcinus maenas***. <http://www.endo.endojournals.org> . diakses 31 Oktober 2006.

Wilson, C.L., Loomis, W.E., and Croasdale, H.T., (1996). **Botany**, Thrid Edition. United States of America: Holt, Rinehart and Winston, Inc. 331-464 p.

Wiyanto, R. dan Hartono. (2003). **Lobster Air Tawar Pembenihan dan Pembesaran**. Penebar Swadaya. Jakarta. 79 hal.

_____. **Merawat Lobster Hias Di Akuarium**. Penebar Swadaya. Jakarta. 63 hal.

Zonneveld, N. Husman E. A. dan J. H. Bound. 1991. **Prinsip-prinsip Budidaya Ikan**. PT. Gramedia. Jakarta. 318 hal.

LAMPIRAN

Lampiran 1. SGR (*Spesific Growth Rate*)

Tabel 9. Data Berat Benih Lobster Air Tawar (gram)

| Perlakuan | Ulangan | W0 | W1 | W2 | W3 | W4 |
|------------------|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| A | 1 | 11,00 | 11,81 | 12,24 | 12,84 | 13,14 |
| | 2 | 12,65 | 13,53 | 13,67 | 13,77 | 13,97 |
| | 3 | 13,00 | 13,80 | 14,00 | 14,25 | 14,50 |
| Rata-rata | | 12,21 | 13,04 | 13,30 | 13,62 | 13,87 |
| B | 1 | 11,51 | 12,00 | 12,48 | 12,91 | 13,00 |
| | 2 | 11,21 | 12,00 | 12,50 | 12,84 | 13,10 |
| | 3 | 11,41 | 12,51 | 12,84 | 13,25 | 13,40 |
| Rata-rata | | 11,37 | 12,17 | 12,60 | 13,00 | 13,16 |
| C | 1 | 11,41 | 13,61 | 13,86 | 13,99 | 14,05 |
| | 2 | 12,10 | 13,90 | 14,00 | 14,57 | 14,77 |
| | 3 | 12,07 | 13,00 | 13,34 | 13,74 | 13,98 |
| Rata-rata | | 11,86 | 13,50 | 13,73 | 14,10 | 14,26 |
| D | 1 | 12,55 | 14,14 | 14,86 | 15,25 | 15,71 |
| | 2 | 13,10 | 15,19 | 15,58 | 15,98 | 16,70 |
| | 3 | 12,35 | 13,91 | 14,74 | 15,26 | 15,97 |
| Rata-rata | | 12,66 | 14,41 | 15,06 | 15,49 | 16,12 |
| K | 1 | 11,21 | 12,96 | 13,05 | 13,27 | 13,50 |
| | 2 | 12,65 | 13,05 | 13,30 | 13,54 | 13,75 |
| | 3 | 12,75 | 13,24 | 13,30 | 13,61 | 13,75 |
| Rata-rata | | 12,20 | 13,08 | 13,21 | 13,47 | 13,66 |

Tabel 10. Data Laju Pertumbuhan Sesaat Benih Lobster Air Tawar Setelah Dilakukan Perhitungan Persamaan Laju Pertumbuhan Sesaat (SGR)

| Perlakuan | Ulangan | | | Total | Rata-rata |
|--------------|---------|---------|---------|--------------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| A | 0,63487 | 0,35448 | 0,38999 | 1,37934 | 0,45978 |
| B | 0,43476 | 0,55644 | 0,57415 | 1,56535 | 0,52178 |
| C | 0,74332 | 0,71211 | 0,52465 | 1,98008 | 0,66002 |
| D | 0,80205 | 0,86713 | 0,91805 | 2,58723 | 0,86241 |
| Total | | | | 7,512 | |

Perhitungan JK :

Faktor Koreksi (FK) = G^2/n
 = $7,512^2/12$
 = **4,70251**

JK total = $(A_1^2 + \dots + D_3^2) - FK$
 = $(0,63487^2 + \dots + 0,91805^2) - FK$
 = $(0,40305 + \dots + 0,84281) - FK$
 = $5,08193 - 4,70251$
 = **0,37942**

Lanjutan lampiran 1.

$$\begin{aligned}
 \text{JK perlakuan} &= TA^2 + TB^2 + TC^2 + TD^2 / 3 - FK \\
 &= 1,37934^2 + 1,56535^2 + 1,98008^2 + 2,58723^2 / 3 - FK \\
 &= 1,90257 + 2,45032 + 3,92071 + 6,69375 / 3 - FK \\
 &= 4,98911 - 4,70251 \\
 &= \mathbf{0,2866}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK acak} &= \text{JK total} - \text{JK perlakuan} \\
 &= 0,37942 - 0,2866 \\
 &= \mathbf{0,09282}
 \end{aligned}$$

Tabel 11. Analisa Sidik Ragam

| Sumber Keragaman | db | JK | KT | F hit | F tab 5% | F tab 1% |
|------------------|----|---------|---------|--------|----------|----------|
| Perlakuan | 3 | 0,2866 | 0,09553 | 8,23** | 4,07 | 7,59 |
| Acak | 8 | 0,09282 | 0,01160 | | | |
| Total | 11 | 0,37942 | | | | |

Keterangan :

** = Berbeda Sangat Nyata

Berdasarkan hasil sidik ragam di atas (F Hit > F Tab 1%) dapat diambil kesimpulan bahwa perlakuan memberikan pengaruh berbeda sangat nyata (**), sehingga dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil).

Uji Beda Nyata Terkecil

$$\text{SED} = \sqrt{\frac{2 \text{ ktacak}}{\text{ulangan}}} = \sqrt{\frac{2 \times 0,09282}{3}} = 0,07578$$

$$\text{BNT } 5\% = 2,306 \times 0,07578 = 0,17474$$

$$\text{BNT } 1\% = 3,355 \times 0,07578 = 0,25424$$

Tabel 12. Uji Beda Nyata terkecil (BNT)

| Rata-rata perlakuan | A (0,45978) | B (0,52178) | C (0,66002) | D (0,86241) | Notasi |
|---------------------|---------------------|-----------------------|-------------|-------------|--------|
| A (0,45978) | - | - | - | - | a |
| B (0,52178) | 0,062 ^{ns} | - | - | - | ab |
| C (0,66002) | 0,20024* | 0,13824 ^{ns} | - | - | b |
| D (0,86241) | 0,40263** | 0,34063** | 0,20239* | - | c |

Lanjutan lampiran 1.

Tabel 13. Analisa Regresi

| Perlakuan | Rata-rata (Ti) | Pembanding (Ci) | | |
|--------------------|----------------|-----------------|-----------|----------|
| | | Linier | Kuadratik | Kubik |
| A | 0,45978 | - 3 | + 1 | - 1 |
| B | 0,52178 | - 1 | - 1 | + 3 |
| C | 0,66002 | + 1 | - 1 | - 3 |
| D | 0,86241 | + 3 | + 1 | + 1 |
| $Q = \sum (CiTi)$ | | 1,34613 | 0,14039 | -0,01209 |
| $Kr = \sum (Ci^2)$ | | 20 | 4 | 20 |
| $JK = Q^2 / Kr$ | | 0,09060 | 0,00492 | 0,00060 |

Tabel 14. Sidik Ragam Regresi

| Sumber Keragaman | db | JK | KT | F hit | F tab 5% | F tab 1% |
|------------------|----|---------|---------|-----------------------|----------|----------|
| Perlakuan | 3 | - | - | - | - | - |
| Linier | 1 | 0,09060 | 0,09060 | 7,81034** | 4,07 | 7,59 |
| Kuadratik | 1 | 0,00492 | 0,00492 | 0,42413 ^{ns} | 4,07 | 7,59 |
| Kubik | 1 | 0,00060 | 0,00060 | 0,00060 ^{ns} | 4,07 | 7,59 |
| Acak | 8 | 0,09282 | 0,01160 | | | |
| Total | 11 | | | | | |

Keterangan : ** = berbeda sangat nyata

^{ns} = tidak berbeda nyata

Karena regresi linier berbeda sangat nyata maka dihitung R^2 :

$$R^2 \text{ linier} = \frac{JK_{linier}}{JK_{linier} + JK_{acak}} = \frac{0,09060}{0,09060 + 0,09282} = \frac{0,09060}{0,18342} = 0,49394$$

$$r = \sqrt{R^2} = \sqrt{0,49394} = 0,70280$$

$$R^2 \text{ kuadratik} = \frac{JK_{kuadratik}}{JK_{kuadratik} + JK_{acak}} = \frac{0,00492}{0,00492 + 0,09282} = \frac{0,00492}{0,09774} = 0,05033$$

Ternyata R^2 linier > R^2 kuadratik maka R^2 linier lebih cocok digunakan untuk kurva respon. Persamaan Regresi Linier : $Y = a + bx$

Transformasi :

| Perlakuan | A | B | C | D | Total |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| X | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 7 |
| X ² | 1 | 2,25 | 4 | 6,25 | 13,5 |
| Y | 0,45978 | 0,52178 | 0,66002 | 0,86241 | 2,50399 |
| X.Y | 0,45978 | 0,78267 | 1,32004 | 2,15602 | 4,71851 |

$$b = \frac{\sum X.Y - \sum X . \sum Y / n}{\sum X^2 - (\sum X)^2 / n}$$

$$= \frac{4,71851 - 7.2.05399 / 4}{13,5 - (7)^2 / 4}$$

$$a = Y - bx$$

$$= 0,62599 - (0,26922 . 7 / 4)$$

$$a = 0,15486$$

Lanjutan lampiran 1.

$$= \frac{4.71815 - 4.38198}{13.5 - 12.25}$$

$$= \frac{0.33653}{1.25}$$

b = 0,26922

Jadi persamaan linier

$Y = 0,15486 + 0,26922x$ dan $r = 0,70280$

Jadi persamaan linier

$Y = 0,15486 + 0,26922x$

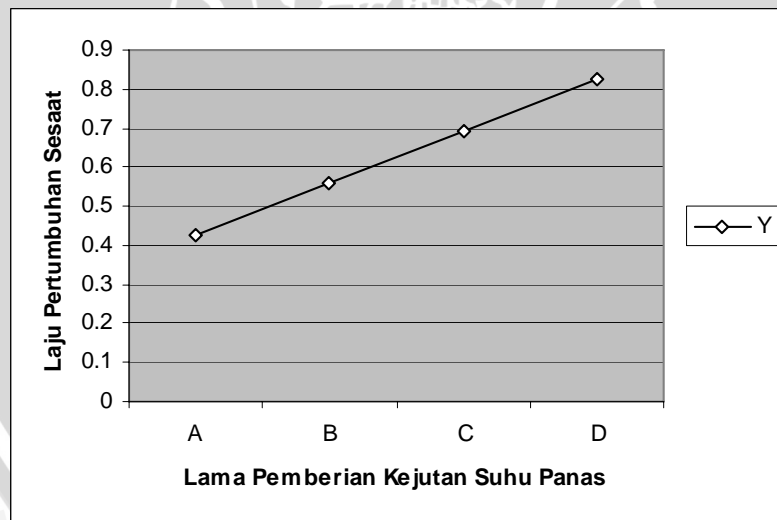
Untuk $x = 1$ $y = 0,42408$

Untuk $x = 1,5$ $y = 0,55869$

Untuk $x = 2$ $y = 0,6933$

Untuk $x = 2,5$ $y = 0,82791$

Grafik Hubungan Antara Perbedaan Lama Pemberian Kejutuan Suhu Panas (X) terhadap Laju Pertumbuhan Sesaat (Y)



Lampiran 2. Kelulushidupan (*Survival Rate*)

Tabel 15. Data Kelulushidupan Benih Lobster Air Tawar

| Perlakuan | Ulangan | | | Total | Rata-rata |
|--------------|---------|-------|-------|---------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| A | 99,95 | 99,95 | 99,95 | 299,85 | 99,95 |
| B | 99,95 | 99,95 | 99,95 | 299,85 | 99,95 |
| C | 99,95 | 99,95 | 99,93 | 299,83 | 99,94 |
| D | 99,95 | 99,93 | 99,95 | 299,83 | 99,94 |
| Total | | | | 1199,36 | |

Data setelah ditransformasikan ke arc sin

| Perlakuan | Ulangan | | | Total | Rata-rata |
|--------------|---------|-------|-------|---------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| A | 88,71 | 88,71 | 88,71 | 266,13 | 88,71 |
| B | 88,71 | 88,71 | 88,71 | 266,13 | 88,71 |
| C | 88,71 | 88,71 | 88,48 | 265,9 | 88,63 |
| D | 88,71 | 88,48 | 88,71 | 265,9 | 88,63 |
| Total | | | | 1064,06 | |

Perhitungan JK

Faktor Koreksi (FK) = G^2/n
 = $1064,06^2/12$
 = **94351,97**

JK total = $(A_1^2 + \dots + D_3^2) - FK$
 = $(88,71^2 + \dots + 88,71^2) - FK$
 = $(0,40305 + \dots + 0,84281) - FK$
 = $94352,06 - 94351,06$
 = **0,09**

JK perlakuan = $TA^2 + TB^2 + TC^2 + TD^2 / 3 - FK$
 = $266,13^2 + 266,13^2 + 265,9^2 + 265,9^2 / 3 - FK$
 = $1,90257 + 2,45032 + 3,92071 + 6,69375 / 3 - FK$
 = $94351,99 - 94351,97$
 = **0,02**

JK acak = JK total – JK perlakuan
 = $0,09 - 0,02$
 = **0,07**

Tabel 16. Analisa Sidik Ragam

| Sumber Keragaman | db | JK | KT | F hit | F tab 5% | F tab 1% |
|------------------|----|------|--------|--------------------|----------|----------|
| Perlakuan | 3 | 0,02 | 0,0006 | 0,75 ^{ns} | 4,07 | 7,59 |
| Acak | 8 | 0,07 | 0,0008 | | | |
| Total | 11 | 0,09 | | | | |

Keterangan :

^{ns} = *Not Significant* / tidak berbeda nyata

Lampiran 3. Data Suhu Selama Masa Penelitian

Tabel 17. Data Pengamatan Suhu

| Hari ke- | Ulangan | | | | | | | | | | | |
|----------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | A1 | A2 | A3 | B1 | B2 | B3 | C1 | C2 | C3 | D1 | D2 | D3 |
| 1 | 25,8 | 25,7 | 25,7 | 28,6 | 28,6 | 25,6 | 25,2 | 25,0 | 25,0 | 25,3 | 25,4 | 25,5 |
| 2 | 25,9 | 26,1 | 26,2 | 26,2 | 26,2 | 26,2 | 25,7 | 25,6 | 25,5 | 25,9 | 26,1 | 26,1 |
| 3 | 25,4 | 25,5 | 25,5 | 25,7 | 25,8 | 25,8 | 25,3 | 25,2 | 25,2 | 25,6 | 25,6 | 25,7 |
| 4 | 25,5 | 25,4 | 25,4 | 25,3 | 28,6 | 25,4 | 25,7 | 25,8 | 25,8 | 25,6 | 25,6 | 25,7 |
| 5 | 25,3 | 24,8 | 24,2 | 28,6 | 24,8 | 24,9 | 25,1 | 25,1 | 25,1 | 25,1 | 25,1 | 25,1 |
| 6 | 25,2 | 25,0 | 24,9 | 25,3 | 24,9 | 25,3 | 25,2 | 25,1 | 25,1 | 25,1 | 25,3 | 25,1 |
| 7 | 25,0 | 24,9 | 25,0 | 25,3 | 24,9 | 25,3 | 25,2 | 25,1 | 25,1 | 24,5 | 24,8 | 24,8 |
| 8 | 25,2 | 25,0 | 25,0 | 24,9 | 24,9 | 25,1 | 24,9 | 25,5 | 25,3 | 24,9 | 23,4 | 24,5 |
| 9 | 24,4 | 24,6 | 24,5 | 24,2 | 24,2 | 24,6 | 25,0 | 24,8 | 25,3 | 24,9 | 23,4 | 24,5 |
| 10 | 25,2 | 25,0 | 25,0 | 25,2 | 25,0 | 25,2 | 24,8 | 24,9 | 25,6 | 25,1 | 24,0 | 23,4 |
| 11 | 25,4 | 25,4 | 25,4 | 25,4 | 25,4 | 25,4 | 25,8 | 25,0 | 25,8 | 24,9 | 23,1 | 25,1 |
| 12 | 25,0 | 25,1 | 25,1 | 25,0 | 28,6 | 25,0 | 25,2 | 25,4 | 25,4 | 25,1 | 25,4 | 25,2 |
| 13 | 25,1 | 25,2 | 25,1 | 25,1 | 25,1 | 25,3 | 25,2 | 25,7 | 25,7 | 25,1 | 25,7 | 25,6 |
| 14 | 25,1 | 25,2 | 25,1 | 25,3 | 25,1 | 25,2 | 25,3 | 25,3 | 25,2 | 25,2 | 25,1 | 25,2 |
| 15 | 25,7 | 24,7 | 25,4 | 24,5 | 28,6 | 24,3 | 24,4 | 24,4 | 25,2 | 25,2 | 25,5 | 25,6 |
| 16 | 25,3 | 24,3 | 25,2 | 24,2 | 25,2 | 23,9 | 23,9 | 23,9 | 24,1 | 24,5 | 24,5 | 24,4 |
| 17 | 25,5 | 24,3 | 25,1 | 24,1 | 24,8 | 24,8 | 25,6 | 25,7 | 25,7 | 25,6 | 25,6 | 25,6 |
| 18 | 25,5 | 24,2 | 25,1 | 24,1 | 25,1 | 23,8 | 25,6 | 25,6 | 25,6 | 25,2 | 25,6 | 25,6 |
| 19 | 25,6 | 24,3 | 25,3 | 24,4 | 28,6 | 24,2 | 24,9 | 24,6 | 24,6 | 25,5 | 25,6 | 25,6 |
| 20 | 25,5 | 24,5 | 25,3 | 24,4 | 25,3 | 24,2 | 24,9 | 24,8 | 24,8 | 26,2 | 25,7 | 26,2 |
| 21 | 25,5 | 24,5 | 25,4 | 24,4 | 25,3 | 24,1 | 25,2 | 25,3 | 23,5 | 25,5 | 25,4 | 25,4 |
| 22 | 25,4 | 25,4 | 25,4 | 25,4 | 28,6 | 24,1 | 24,5 | 25,2 | 25,9 | 25,4 | 25,4 | 25,3 |
| 23 | 24,4 | 25,4 | 24,7 | 25,3 | 28,6 | 25,5 | 23,9 | 25,8 | 25,9 | 24,9 | 24,8 | 24,8 |
| 24 | 25,3 | 24,0 | 25,1 | 25,0 | 25,3 | 25,5 | 23,9 | 25,6 | 25,1 | 25,6 | 25,5 | 24,8 |
| 25 | 24,7 | 24,8 | 24,8 | 24,8 | 24,8 | 24,7 | 23,8 | 25,1 | 25,6 | 25,2 | 25,1 | 25,2 |
| 26 | 25,0 | 24,9 | 24,7 | 24,7 | 24,8 | 24,9 | 24,0 | 24,6 | 25,6 | 25,4 | 25,4 | 25,4 |
| 27 | 24,6 | 25,5 | 24,3 | 24,3 | 28,6 | 24,5 | 25,0 | 25,1 | 25,1 | 25,2 | 24,9 | 25,0 |
| 28 | 25,2 | 25,1 | 25,2 | 25,0 | 25,2 | 25,1 | 24,0 | 23,2 | 24,6 | 24,5 | 24,5 | 28,6 |

| Perlakuan | Ulangan | | | Total | Rata-rata |
|--------------|---------|------|------|-------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| A | 23,9 | 26,8 | 24,0 | 74,7 | 24,9 |
| B | 23,6 | 28,6 | 24,0 | 76,2 | 25,4 |
| C | 24,7 | 25 | 26,7 | 76,4 | 25,4 |
| D | 23,0 | 23,7 | 26,1 | 72,8 | 24,2 |
| Total | | | | 300,1 | |

Perhitungan JK

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = G^2/n$$

$$= 300,1^2/12$$

$$= 7505,0008$$

$$\text{JK total} = (A_1^2 + \dots + D_3^2) - \text{FK}$$

$$= (23,9^2 + \dots + 26,1^2) - \text{FK}$$

$$= (571,21 + \dots + 681,21) - \text{FK}$$

$$= 7536,25 - 7505,0008$$

$$= 31,2492$$

Lanjutan lampiran 3.

$$\begin{aligned}
 \text{JK perlakuan} &= TA^2 + TB^2 + TC^2 + TD^2 / 3 - FK \\
 &= 74,7^2 + 76,2^2 + 76,4^2 + 72,8^2 / 3 - FK \\
 &= 5580,09 + 5806,44 + 5836,96 + 5299,84 / 3 - FK \\
 &= 7507,7766 - 7505,0008 \\
 &= \mathbf{2,7758}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK acak} &= \text{JK total} - \text{JK perlakuan} \\
 &= 31,2492 - 2,7758 \\
 &= \mathbf{28,4734}
 \end{aligned}$$

Tabel 19. Analisa Sidik Ragam

| Sumber Keragaman | Db | JK | KT | F hit | F tab 5% | F tab 1% |
|------------------|----|---------|--------|----------------------|----------|----------|
| Perlakuan | 3 | 2,7758 | 0,9252 | 0,2599 ^{ns} | 4,07 | 7,59 |
| Acak | 8 | 28,4734 | 3,5591 | | | |
| Total | 11 | | | | | |

Keterangan :

^{ns} = *Not Significant* / tidak berbeda nyata



Lampiran 4. Data Oksigen Terlarut Selama Masa Penelitian

Tabel 20. Data Pengamatan Oksigen terlarut

| Hari ke- | Ulangan | | | | | | | | | | | |
|----------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | A1 | A2 | A3 | B1 | B2 | B3 | C1 | C2 | C3 | D1 | D2 | D3 |
| 1 | 4 | 4,2 | 4,2 | 4,2 | 6,5 | 4,1 | 4 | 4,3 | 4,2 | 4,5 | 4,8 | 4,2 |
| 2 | 4,3 | 4,1 | 4,9 | 4,5 | 7,1 | 4,1 | 4 | 4,1 | 4,9 | 4 | 4,3 | 4,2 |
| 3 | 4,1 | 4,2 | 4,2 | 4,5 | 5,6 | 4,2 | 4,4 | 4,5 | 4,2 | 4,3 | 5,3 | 4,2 |
| 4 | 4 | 4,3 | 4,2 | 4,5 | 6,5 | 4,1 | 4,1 | 4 | 4,2 | 4,1 | 6 | 4 |
| 5 | 4,2 | 4,2 | 4,1 | 4 | 4,9 | 4,1 | 4 | 4,2 | 4,1 | 4,3 | 6 | 4,5 |
| 6 | 4,8 | 4,1 | 4,2 | 4 | 4,5 | 4 | 4,2 | 4,3 | 4,2 | 4,9 | 6,4 | 4,1 |
| 7 | 4,5 | 3,6 | 4,9 | 4,1 | 4,9 | 5,5 | 4,6 | 4,8 | 4,9 | 4 | 6 | 4,7 |
| 8 | 4 | 4,3 | 4,2 | 5,8 | 4,4 | 4,2 | 4,9 | 4 | 4,2 | 4,8 | 7 | 4,6 |
| 9 | 5,4 | 5,4 | 6,5 | 4,2 | 4,3 | 5,6 | 4,7 | 5,2 | 6,5 | 5,8 | 4 | 4,3 |
| 10 | 6,3 | 6,1 | 6,5 | 6,1 | 5,2 | 5,7 | 4,7 | 5,4 | 6,5 | 5,4 | 4,6 | 6,3 |
| 11 | 7,2 | 6,5 | 7,3 | 5,8 | 5,9 | 6,5 | 4,5 | 6 | 7,3 | 5,5 | 4,4 | 5,3 |
| 12 | 6,1 | 6,1 | 5,7 | 5,5 | 5,3 | 7,2 | 4,1 | 6,5 | 5,7 | 5,2 | 4,8 | 5,8 |
| 13 | 5,3 | 6,5 | 4,8 | 5,6 | 5,4 | 6,3 | 4,1 | 4,8 | 4,8 | 5,9 | 4,9 | 5,2 |
| 14 | 5,4 | 6,1 | 4,9 | 5,3 | 4,3 | 4,6 | 4,6 | 4,6 | 4,9 | 5 | 5 | 5,4 |
| 15 | 5,9 | 6,3 | 4,6 | 5,4 | 4,8 | 4,5 | 6,5 | 5,1 | 4,6 | 5 | 5,2 | 5 |
| 16 | 6,5 | 4,8 | 4,5 | 4,5 | 5,3 | 4,3 | 6,3 | 5 | 4,5 | 5,2 | 5,3 | 5 |
| 17 | 5,5 | 4,8 | 5,6 | 5,1 | 5,7 | 5,4 | 6,9 | 5,4 | 5,6 | 6,5 | 5,4 | 5 |
| 18 | 5,8 | 4,8 | 6,2 | 5,2 | 5,8 | 5,3 | 5,8 | 6,1 | 6,2 | 6,8 | 5,1 | 4,5 |
| 19 | 4 | 4,3 | 6,1 | 6,1 | 6 | 5,3 | 5,4 | 5,7 | 6,1 | 7 | 6 | 4,6 |
| 20 | 4,8 | 5,4 | 6,1 | 6,1 | 4,1 | 5,5 | 5,4 | 5,2 | 5,4 | 5,2 | 4,9 | 4,4 |
| 21 | 4 | 5,3 | 5,4 | 4,4 | 6,3 | 5,3 | 5 | 4,4 | 4,1 | 4 | 4,3 | 6 |
| 22 | 4,1 | 5,1 | 4,1 | 4,4 | 4,3 | 4,5 | 5 | 5,4 | 4 | 6 | 5,3 | 6,1 |
| 23 | 4,3 | 4,3 | 4 | 5,5 | 4,2 | 5,8 | 6,1 | 4,6 | 4,6 | 4,3 | 6,1 | 6,8 |
| 24 | 5,8 | 4,6 | 4,6 | 4,5 | 4 | 5,4 | 6,8 | 4,9 | 4,7 | 6,3 | 4,9 | 7 |
| 25 | 6,2 | 4,4 | 4,7 | 5,8 | 4,1 | 4,6 | 6 | 5,7 | 4,3 | 6,1 | 5,9 | 5,2 |
| 26 | 4,8 | 4,7 | 4,3 | 4,6 | 4,1 | 4 | 6 | 5,9 | 4,7 | 5,2 | 6,4 | 7,1 |
| 27 | 6 | 5,8 | 6 | 5,1 | 4,2 | 5,3 | 7,1 | 6,1 | 6,3 | 4,4 | 4,1 | 7,2 |
| 28 | 5,3 | 5,8 | 6,3 | 6,3 | 4 | 4,9 | 4 | 5,6 | 6 | 6,6 | 4,2 | 7 |

| Perlakuan | Ulangan | | | Total | Rata-rata |
|-----------|---------|------|------|-------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| A | 5,07 | 4,97 | 5,15 | 15,19 | |
| B | 5,06 | 6,95 | 5,04 | 17,05 | |
| C | 4,98 | 5,06 | 5,09 | 15,13 | |
| D | 5,10 | 5,08 | 5,10 | 15,28 | |
| | Total | | | 62,65 | |

Perhitungan JK

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = G^2/n$$

$$= 62,65^2/12$$

$$= 327,0852$$

$$\text{JK total} = (A_1^2 + \dots + D_3^2) - \text{FK}$$

$$= (5,07^2 + \dots + 5,10^2) - \text{FK}$$

$$= (25,7049 + \dots + 26,01) - \text{FK}$$

$$= 330,3745 - 327,0852$$

$$= 3,2893$$

Lanjutan lampiran 4.

$$\begin{aligned}
 \text{JK perlakuan} &= TA^2 + TB^2 + TC^2 + TD^2 / 3 - FK \\
 &= 15,19^2 + 17,05^2 + 15,13^2 + 15,28^2 / 3 - FK \\
 &= 230,7361 + 290,7025 + 228,9169 + 233,4784 / 3 - FK \\
 &= 327,9446 - 327,0852 \\
 &= \mathbf{0,8594}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK acak} &= \text{JK total} - \text{JK perlakuan} \\
 &= \mathbf{3,2893} - \mathbf{0,8594} \\
 &= \mathbf{2,4299}
 \end{aligned}$$

Tabel 21. Analisa Sidik Ragam

| Sumber Keragaman | db | JK | KT | F hit | F tab 5% | F tab 1% |
|------------------|----|---------|--------|----------------------|----------|----------|
| Perlakuan | 3 | 2.7758 | 0.9252 | 0.2599 ^{ns} | 4.07 | 7.59 |
| Acak | 8 | 28.4734 | 3.5591 | | | |
| Total | 11 | | | | | |

Keterangan :

^{ns} = *Not Significant* / tidak berbeda nyata



Lampiran 5. Data pH Selama Masa Penelitian

Tabel 22. Data Pengamatan pH

| Hari ke- | Ulangan | | | | | | | | | | | |
|----------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | A1 | A2 | A3 | B1 | B2 | B3 | C1 | C2 | C3 | D1 | D2 | D3 |
| 1 | 6.73 | 7.27 | 6.89 | 6.90 | 7.29 | 6.80 | 7.49 | 6.89 | 7.39 | 6.90 | 7.43 | 7.08 |
| 2 | 6.64 | 6.97 | 6.66 | 6.59 | 6.86 | 6.67 | 6.97 | 6.62 | 6.91 | 6.68 | 7.01 | 6.98 |
| 3 | 6.84 | 6.95 | 6.93 | 6.93 | 6.93 | 6.89 | 6.93 | 6.91 | 6.94 | 6.88 | 6.95 | 6.97 |
| 4 | 7.28 | 6.57 | 7.10 | 7.32 | 6.53 | 7.21 | 6.54 | 7.16 | 6.56 | 7.13 | 6.59 | 6.63 |
| 5 | 6.65 | 6.72 | 6.65 | 6.98 | 6.62 | 6.98 | 7.13 | 6.68 | 6.79 | 6.78 | 6.69 | 6.74 |
| 6 | 6.45 | 6.68 | 6.78 | 6.67 | 6.70 | 6.67 | 6.76 | 6.78 | 6.87 | 6.54 | 6.64 | 6.63 |
| 7 | 6.73 | 6.72 | 6.84 | 6.72 | 6.72 | 6.74 | 6.74 | 6.85 | 6.74 | 6.87 | 6.70 | 6.72 |
| 8 | 6.76 | 7.09 | 6.71 | 6.72 | 7.09 | 6.75 | 7.09 | 6.69 | 7.14 | 6.69 | 7.12 | 7.08 |
| 9 | 6.99 | 6.85 | 6.93 | 6.92 | 7.10 | 7.03 | 6.24 | 7.63 | 6.54 | 6.99 | 7.13 | 7.12 |
| 10 | 6.87 | 7.05 | 6.93 | 6.91 | 7.11 | 6.85 | 7.02 | 6.66 | 7.05 | 6.54 | 7.02 | 7.01 |
| 11 | 7.05 | 6.69 | 7.00 | 7.09 | 7.81 | 7.00 | 6.99 | 6.99 | 7.06 | 6.99 | 7.21 | 7.12 |
| 12 | 7.02 | 6.78 | 7.02 | 6.99 | 7.01 | 7.04 | 6.18 | 7.02 | 7.14 | 7.04 | 7.31 | 7.12 |
| 13 | 6.82 | 7.02 | 6.75 | 6.78 | 7.24 | 6.78 | 7.14 | 6.81 | 7.20 | 6.67 | 7.12 | 7.01 |
| 14 | 6.72 | 7.12 | 6.17 | 6.25 | 7.28 | 6.87 | 7.20 | 6.13 | 7.17 | 6.74 | 7.01 | 7.27 |
| 15 | 6.53 | 7.09 | 6.23 | 6.34 | 7.41 | 6.12 | 7.13 | 6.25 | 6.99 | 6.82 | 7.05 | 7.38 |
| 16 | 6.07 | 7.12 | 6.53 | 6.28 | 7.12 | 6.52 | 7.14 | 6.37 | 6.87 | 6.19 | 7.19 | 7.15 |
| 17 | 6.14 | 7.15 | 7.12 | 6.37 | 7.18 | 6.22 | 7.31 | 6.19 | 6.67 | 7.01 | 7.31 | 7.23 |
| 18 | 6.19 | 7.18 | 6.13 | 6.47 | 7.09 | 6.12 | 7.25 | 6.18 | 7.03 | 6.92 | 7.83 | 7.25 |
| 19 | 6.25 | 7.20 | 6.45 | 6.49 | 7.24 | 6.18 | 7.25 | 6.72 | 7.31 | 6.45 | 7.20 | 7.22 |
| 20 | 6.73 | 6.99 | 6.77 | 6.59 | 6.99 | 6.85 | 7.04 | 6.38 | 7.11 | 6.87 | 7.19 | 7.25 |
| 21 | 6.92 | 7.26 | 7.16 | 6.86 | 7.26 | 6.96 | 7.25 | 7.00 | 7.24 | 7.13 | 7.28 | 7.30 |
| 22 | 6.72 | 7.20 | 6.93 | 6.38 | 7.14 | 6.14 | 7.21 | 6.18 | 7.03 | 6.98 | 7.12 | 7.20 |
| 23 | 6.82 | 7.12 | 7.03 | 6.67 | 7.03 | 6.90 | 7.01 | 6.97 | 7.14 | 7.00 | 7.20 | 6.99 |
| 24 | 6.82 | 7.11 | 6.94 | 6.74 | 7.13 | 6.78 | 7.03 | 6.91 | 7.04 | 6.93 | 7.04 | 7.04 |
| 25 | 6.92 | 7.00 | 6.94 | 6.99 | 7.08 | 6.90 | 6.94 | 6.88 | 6.91 | 6.94 | 6.95 | 6.91 |
| 26 | 6.94 | 6.85 | 6.83 | 6.99 | 7.02 | 6.89 | 6.81 | 6.86 | 6.87 | 6.85 | 6.96 | 6.95 |
| 27 | 6.45 | 6.79 | 6.72 | 6.78 | 7.12 | 6.54 | 6.68 | 6.57 | 6.74 | 6.72 | 6.73 | 6.97 |
| 28 | 6.78 | 6.98 | 6.84 | 6.87 | 7.10 | 6.76 | 7.15 | 6.74 | 6.54 | 6.69 | 6.65 | 6.74 |

| Perlakuan | Ulangan | | | Total | Rata-rata |
|-----------|---------|------|------|-------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| A | 7,32 | 7,32 | 7,42 | 22,06 | |
| B | 7,18 | 7,30 | 7,30 | 21,78 | |
| C | 7,36 | 7,20 | 7,39 | 21,95 | |
| D | 7,40 | 7,32 | 7,13 | 21,85 | |
| Total | | | | 87,64 | |

Perhitungan JK

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = G^2/n$$

$$= 87,64^2/12$$

$$= \mathbf{640,0641}$$

$$\text{JK total} = (A_1^2 + \dots + D_3^2) - \text{FK}$$

$$= (7,32^2 + \dots + 7,13^2) - \text{FK}$$

$$= (53,5824 + \dots + 50,8369) - \text{FK}$$

$$= 640,1546 - 640,0641$$

$$= \mathbf{0,0905}$$

Lanjutan lampiran 5.

$$\begin{aligned}
 \text{JK perlakuan} &= TA^2 + TB^2 + TC^2 + TD^2 / 3 - FK \\
 &= 22,06^2 + 21,78^2 + 21,95^2 + 21,85^2 / 3 - FK \\
 &= 486,6436 + 474,3684 + 481,8025 + 477,4225 / 3 - FK \\
 &= 640,079 - 640,0641 \\
 &= \mathbf{0,0149}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK acak} &= \text{JK total} - \text{JK perlakuan} \\
 &= 0,0905 - 0,0149 \\
 &= \mathbf{0,0756}
 \end{aligned}$$

Tabel 23. Analisa Sidik Ragam

| Sumber Keragaman | db | JK | KT | F hit | F tab 5% | F tab 1% |
|------------------|----|--------|--------|----------------------|----------|----------|
| Perlakuan | 3 | 0,0149 | 0,0049 | 0,5212 ^{ns} | 4.07 | 7.59 |
| Acak | 8 | 0,0756 | 0,0094 | | | |
| Total | 11 | | | | | |

Keterangan :

^{ns} = *Not Significant* / tidak berbeda nyata



Lampiran 6. Alat-alat dan Bahan-bahan



a. Bak, Heater, Termometer, dan Saringan



b. Cara Pelaksanaan Penelitian



Lanjutan lampiran 6.



c. DO meter



d. Perlakuan D (Perlakuan Terbaik)



Lampiran 7.

Pelaksanaan Penelitian

