

## BAB II

### KAJIAN TEORITIK DAN KERANGKA BERPIKIR

#### 2.1. Kerangka Teoritik

##### 2.1.1. Rumput Laut

Rumput laut adalah tumbuhan jenis alga, yang termasuk ganggang multiseluler golongan divisi *thallophyta*. Berbeda dengan tumbuhan sempurna pada umumnya, rumput laut tidak memiliki akar, batang dan daun. Bentuk rumput laut beragam, ada yang bulat, pipih, tabung, atau juga seperti ranting dengan cabang-cabang.

Rumput laut biasanya hidup di dasar samudera yang dapat tertembus cahaya matahari. Seperti umumnya tanaman lain, rumput laut juga memiliki klorofil atau pigmen warna yang lain. Warna itulah yang menggolongkan jenis rumput laut.

Secara umum, rumput laut yang banyak dimanfaatkan adalah dari jenis ganggang merah (*Rhodophyceae*) karena mengandung agar-agar, keraginan, porpiran, furcellaran maupun pigmen fikobilin (terdiri dari fikoeretrin dan fikosianin) yang merupakan cadangan makanan yang mengandung banyak karbohidrat. Tetapi ada juga yang memanfaatkan jenis ganggang coklat (*Phaeophyceae*). Ganggang coklat ini banyak mengandung pigmen klorofil a dan c, beta karoten, violasantin dan fukosantin, pirenoid, dan lembaran fotosintesa (filakoid). Selain itu ganggang coklat juga mengandung

cadangan makanan berupa laminarin, *selulose*, dan algin. Selain bahan-bahan tadi, ganggang merah dan coklat banyak mengandung *jodium*

### **2.1.2. Jenis Rumput Laut**

*Thallophyta* (tumbuh-tumbuhan ber-*thalus*) terdiri atas empat kelas, yaitu alga hijau (*Chlorophyceae*), alga coklat (*Phaeophyceae*), alga merah (*Rhodophyceae*), dan alga hijau biru (*Myxophyceae*).

Dari empat kelas alga tersebut, hanya tiga kelas yang merupakan golongan alga atau rumput laut ekonomis, yaitu alga hijau (*Chlorophyceae*), alga coklat (*Phaeophyceae*), dan alga merah (*Rhodophyceae*). Jumlah alga laut atau rumput laut yang bermanfaat dan bernilai ekonomis mencapai 61 jenis dari 27 marga rumput laut yang sudah bisa dijadikan makanan oleh masyarakat wilayah pesisir, sedangkan 21 jenis dari 12 marga digunakan sebagai obat tradisional.<sup>1</sup>

#### **2.1.2.1. Alga Merah (*Rhodophyceae*)**

Alga merah (*Rhodophyceae*) atau rumput laut merah merupakan kelas dengan spesies atau jenis yang paling banyak dimanfaatkan dan bernilai ekonomis. Tumbuhan ini hidup di dasar perairan laut sebagai fitobentos dengan menancapkan atau melekatkan dirinya pada substrat lumpur, pasir, karang hidup, karang mati, cangkang moluska, batu vulkanik, ataupun kayu. Kedalamannya mulai dari garis pasang surut terendah sampai sekitar 40

---

<sup>1</sup> Ghufran, M. 2011. Kiat sukses budi daya Rumput laut di laut tambak. Lily Publisher. Hlm 38.

meter. Namun, di laut *Mediterranean* dijumpai alga merah pada kedalaman 130 meter.

Habitat atau tempat hidup umum alga merah atau rumput laut merah adalah terumbu karang. Karena habitat umumnya pada terumbu karang maka sebaran jenis rumput laut tersebut mengikuti pula sebaran terumbu karang. Sedangkan untuk kehidupan terumbu karang diperlukan kejernihan perairan yang tinggi, bebas dari sedimentasi, dan salinitas yang tinggi, yaitu 30 ppt (*part per thousand*) atau lebih. Semakin ke timur, kecerahan dan salinitas perairan Indonesia semakin tinggi. Oleh karena itu, struktur dan kondisi terumbu karangnya semakin baik dan menyebabkan keanekaragaman rumput laut merah yang tumbuh secara alami dan menempati habitat-habitat tersebut sebanyak 48,50% .

Marga *Eucheuma* dan *Kappaphycus* memerlukan lingkungan hidup berupa substrat yang tidak lunak, tetapi tidak terlalu keras, yaitu pasir dan pecahan karang, serta memerlukan gerakan air sedang dan salinitas antara 29-34 ppt. gerakan air yang kuat dapat menyebabkan kematian. Marga *Glacilaria* hidup pada kondisi lingkungan yang lebih lebar daripada *Eucheuma* dan *Kappaphycus*. *Glacilaria* hidup menempel pada karang, lumpur, kulit kerang, dan pasir pada lingkungan yang airnya stagnan hingga gerakan air yang sedang. Salinitas perairan yang cocok untuk marga ini antara 15-34 ppt. Oleh karena itu, *Galacilaria* dapat dibudidayakan di laut dan di tambak. Sedangkan marga *Gelidium* memerlukan kondisi lingkungan yang kisarannya sempit. Marga ini membutuhkan gerakan air yang sangat

kuat dan menempel pada substrat yang keras. Oleh karena itu, *Gelidium* banyak ditemukan di Pantai Samudera Hindia.

Daur hidup beberapa jenis alga merah atau rumput laut merah sangat majemuk. Pada bentuk-bentuk yang lebih tinggi tingkatannya terjadi pergantian generasi secara morfologik yang teratur. Dalam hal ini dapat saja sporofit dan gametofit kelihatan sama dari luar. Salah satu sifat yang sangat menarik dari perkembangbiakan alga merah ini adalah sama sekali tidak ada spora atau gamet berenang yang berbulu getar atau bercambuk. Ini menyimpang dari kebiasaan yang diikuti oleh perkembangbiakan jasad hidup yang terjadi dalam air. Hal ini membuat penyebaran dan pertemuan intim diantara sel-sel perkembangbiakan tergantung pada arus dan karenanya semuanya tergantung pada faktor kesempatan atau keberuntungan.

*Rhodophyceae* (alga merah) umumnya berwarna merah karena adanya protein fikobilin, terutama fikoeritrin. *Rhodophyceae* memiliki warna yang bervariasi mulai dari merah ke coklat atau kadang-kadang hijau karena jumlah pigmen yang terkandung dalam thallus berbeda-beda. Secara umum alga dari divisi ini ditandai oleh sifat-sifat sebagai berikut:

1. Dalam reproduksinya tidak mempunyai stadia gamet berbulu cambuk.
2. Reproduksi seksual dengan karpogonia dan spermatia.
3. Pertumbuhannya bersifat uniaksial (satu sel diujung thallus) dan multikasial (banyak sel diujung thallus).
4. Alat perekat (holdfast) terdiri dari sel tunggal atau sel banyak.

5. Mengandung pigmen fotosintetik berupa xantofil, karoten, dan fikobilin terutama r-fikoeritrin (berwarna merah), klorofil a dan d dan fikosianin (berwarna biru)
6. Bersifat adaptasi kromatik, yaitu memiliki penyesuaian antara proporsi pigmen dengan berbagai kualitas pencahayaan dan dapat menimbulkan berbagai warna pada *thallus* seperti: merah tua, merah muda, pirang, coklat kuning dan hijau.
7. Memiliki persediaan makanan berupa kanji (floridean starch).
8. Dalam dinding selnya terdapat selulosa, agar, karaginan, porpiran dan fulselaran.
9. Bentuk *thallus* ada yang silindris (*Gelidium latifolium*), pipih (*Gracillaria folifera*) dan lembaran (*Dictyopterus sp.*)
10. Sistem percabangan *thallus* ada yang sederhana, kompleks, dan juga ada yang berselang-seling.

*Rhodophyceae* terdiri dari jenis-jenis yang sangat kompleks. Tempat tumbuhnya berupa batuan atau karang, terutama di daerah pasang surut dan dapat hidup sampai kedalaman 170 m dari permukaan laut. *Rhodophyceae* lebih tersebar dibandingkan dengan alga coklat, beberapa speciesnya dapat tumbuh di daerah tropik. Demikian juga bentuk *thallus* dari alga ini lebih kecil jika dibandingkan dengan alga coklat. Contoh dari alga merah dapat dilihat pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1. Beberapa Jenis Rhodophyceae (a) *Cryptopleura ruprechtiana*, (b) *Hymenena flabelligera*, (c) *Cryptosiphonia woodii*, (d) *Chondracanthus exasperus*, (e) *Gracillaria verucosa*, (f) *Eucheuma cottonii*, (g) *Corallina sp*, (h) *Gelidium robustum*, (i) *Hypnea musciformis*, dan (j) *Rhodymenia californica*.**

Sumber: <http://www.jejaring.web.id/mengenal-lebih-jauh-tentang-rumpul-laut-bagian-3>

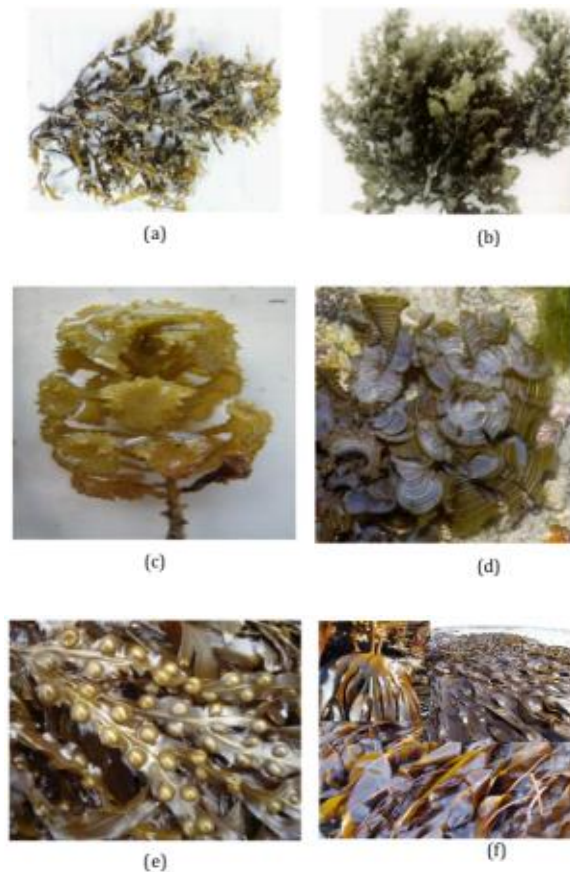
### 2.1.2.2. Alga Cokelat (*Phaeophyceae*)

*Phaeophyceae* atau alga coklat merupakan rumput laut penghasil alginat. Hampir semua jenis ini hidup di laut dan melekat pada suatu substrat yang keras. Cadangan makanannya terutama berupa karbohidrat yang disebut laminarin. Rumput laut jenis ini dijumpai hampir di semua lautan dengan kedalaman tidak lebih dari 20 meter.

Kelompok alga coklat memiliki bentuk yang bervariasi dan sebagian besar jenis-jenisnya berwarna coklat atau pirang. Warna tersebut tidak berubah walaupun alga ini mati atau kekeringan. Hanya pada beberapa jenis diantaranya, misal pada *Sargassum*, warnanya akan sedikit berubah menjadi hijau kebiru-biruan apabila mati kekeringan. Sebagian besar alga coklat memiliki gelembung udara pada *thallus*-nya yang berfungsi untuk menjaga keseimbangan dalam air. Ciri-ciri umum alga coklat adalah:

1. *Thallus* berbentuk lembaran (*Padina australis*), bulatan (*Sargassum duplicatum*) atau batangan (*Dictyota bartayresiana*) yang bersifat lunak atau keras.
2. Berwarna pirang atau coklat.
3. Mengandung pigmen fotosintetik yaitu *carotene*, *fucoxantin*, klorofil a dan klorofil c.
4. Produk fotosintetiknya adalah polisakarida berupa laminaran, manitol dan alginat.
5. Perkembangbiakan dilakukan secara aseksual dan seksual, dengan sistem reproduksi memiliki *flagella*, tumbuhan jantan dan betina ada yang terpisah dan ada yang tidak.

*Sargassum* adalah salah satu rumput laut coklat yang sangat potensial untuk dibudidayakan di Indonesia. *Sargassum* merupakan rumput laut dengan *thallus* bercabang seperti jari dan merupakan tanaman perairan yang berwarna coklat, berukuran relatif besar, tumbuh dan berkembang pada substrat dasar yang kuat. Bagian atas tanaman menyerupai semak yang berbentuk simetris bilateral atau radial serta dilengkapi dengan bagian-bagian untuk pertumbuhan. Contoh dari alga coklat dapat dilihat pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.2.** Beberapa Jenis *Phaeophyceae* (a) *Sargassum crassifolium*, (b) *Sargassum binderi*, (c) *Turbinaria ornate*, (d) *Padina australis*, (e) *Fucus sp*, dan (f) *Laminaria digitata*.

Sumber: <http://www.jejaring.web.id/mengenal-lebih-jauh-tentang-rumpul-laut-bagian-3>



### 2.1.2.3. Alga Hijau (*Chlorophyceae*)

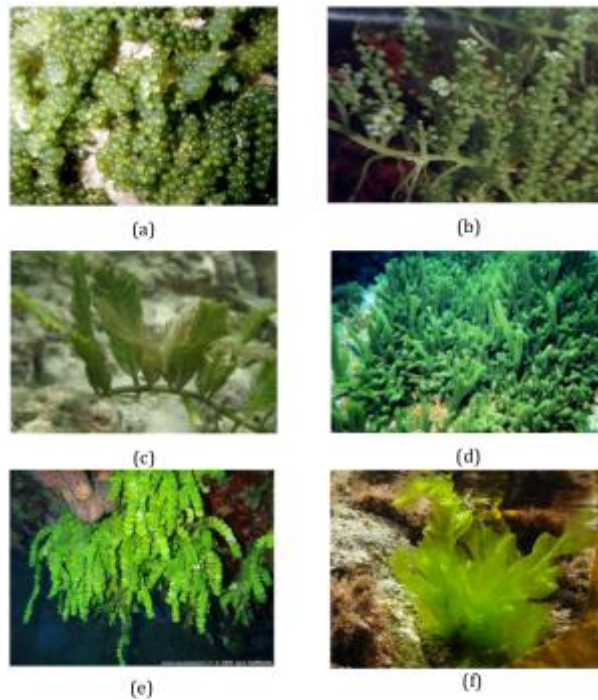
Alga hijau merupakan kelompok terbesar dari vegetasi alga. Alga hijau termasuk dalam divisi *Chlorophyceae* bersama *Charophyceae*. Divisi ini berbeda dengan divisi lainnya karena memiliki warna hijau yang jelas seperti pada tumbuhan tingkat tinggi karena mengandung pigmen klorofil a dan klorofil b lebih dominan dibandingkan karotin dan xantofil. Hasil asimiliasi beberapa amilum, penyusunnya sama pula seperti pada tumbuhan tingkat tinggi yaitu amilose dan amilopektin.

Alga ini merupakan kelompok alga yang paling beragam, karena ada yang bersel tunggal, berkoloni, dan bersel banyak. Alga ini banyak terdapat di danau, kolam, tetapi banyak juga yang hidup di laut. Alga hijau meliputi sebanyak 7.000 spesies, baik yang hidup di air maupun di darat. Sejumlah ganggang hijau tumbuh dalam laut, namun golongan ini secara keseluruhan lebih khas bagi ganggang air tawar. Ciri-ciri umum alga hijau adalah:

1. Berwarna hijau.
2. *Thallus* berbentuk lembaran (*Ulva lactuca*), batangan (*Caulerpa corynophora*) atau bulatan (*Caulerpa sertlariodes*) yang bersifat lunak, keras atau siphonous terdiri dari uniseluler atau multiseluler.
3. Rumpun berbagai bentuk dari yang sederhana hingga yang kompleks seperti tumbuhan tingkat tinggi seperti tanaman yang menjalar.
4. Mengandung pigmen fotosintetik, klorofil a dan b, carotene, xantofil dan lutein.
5. Produk fotosintetiknya berupa *starch* (kanji).

6. Perkembangbiakan dengan perkawinan vegetatif, gamet jantan memiliki cambuk (*flagella*) untuk pergerakan aktif dalam proses pembuahan.

Contoh dari alga hijau antara lain *Caulerpa lentillifera* C.A. Agardh, *Caulerpa racemosa* var *macrophysa* (Kutzing) Taylor, *Caulerpa sertularioides*, *Codium decorticatum*, *Halimeda copiosa*, *Ulva reticulata* Forsskal. Contoh dari alga hijau dapat dilihat pada gambar 2.3.



**Gambar 2.3.** Beberapa Jenis *Chlorophyceae* (a) *Caulerpa lentillifera* C.A Agardh, (b) *Caulerpa racemosa* var *ufivera*, (c) *Caulerpa sertularioides*, (d) *Codium decorticatum*, (e) *Halimeda copiosa*, dan (f) *Ulva reticulate*.

Sumber: <http://www.jejaring.web.id/mengenal-lebih-jauh-tentang-rumpul-laut-bagian-3>

### 2.1.3. Manfaat Rumput Laut

#### 2.1.3.1. Agar-agar

Masyarakat pada umumnya mengenal agar-agar dalam bentuk tepung yang biasa digunakan untuk pembuatan puding. Akan tetapi orang tidak tahu secara pasti apa agar-agar itu. Agar-agar merupakan asam sulfanik yang merupakan *ester* dari galakto linier dan diperoleh dengan mengekstraksi ganggang jenis *Agarophytae*. Agar-agar ini sifatnya larut dalam air panas dan tidak larut dalam air dingin. Sekarang ini penggunaan agar-agar semakin berkembang, yang dulunya hanya untuk makanan saja sekarang ini telah digunakan dalam industri tekstil, kosmetik, dan lain-lain.

Fungsi utamanya adalah sebagai bahan pemantap dan pembuat emulsi, bahan pengental, bahan pengisi, dan bahan pembuat gel. Dalam industri, agar-agar banyak digunakan dalam industri makanan seperti untuk pembuatan roti, sup, saus, es krim, *jelly*, permen, serbat, keju, puding, selai, bir, anggur, kopi, dan cokelat. Dalam industri farmasi bermanfaat sebagai obat pencahar atau peluntur, pembungkus kapsul, dan bahan campuran pencetak contoh gigi. Dalam industri tekstil dapat digunakan untuk melindungi kemilau sutera. Dalam industri kosmetik, agar-agar bermanfaat dalam pembuatan salep, *cream*, *lotion*, lipstik, dan sabun. Selain itu masih banyak manfaat lain dari agar-agar, seperti untuk pembuatan pelat *film*, pasta gigi, semir sepatu, kertas, dan pengalengan ikan dan daging.

### 2.1.3.2. Keraginan

Keraginan merupakan senyawa polisakarida yang tersusun dari unit D-galaktosa dan L-galaktosa 3,6 anhidrogalaktosa yang dihubungkan oleh ikatan 1-4 glikosilik. Ciri kas dari keraginan adalah setiap unit galaktosanya mengikat gugusan sulfat, jumlah sulfatnya lebih kurang 35,1%.

Kegunaan keraginan hampir sama dengan agar-agar, antara lain sebagai pengatur keseimbangan, pengental, pembentuk gel, dan pengemulsi. Keraginan banyak digunakan dalam industri makanan untuk pembuatan kue, roti, makroni, *jam*, *jelly*, sari buah, bir, es krim, dan gel pelapis produk daging. Dalam industri farmasi banyak dimanfaatkan untuk pasta gigi dan obat-obatan. Selain itu juga dapat dimanfaatkan dalam industri tekstil, kosmetik dan cat.

### 2.1.3.3. Algin (Alginat)

Algin ini didapatkan dari rumput laut jenis alga coklat. Algin ini merupakan polimer dari asam uronat yang tersusun dalam bentuk rantai linier panjang. Bentuk algin di pasaran banyak dijumpai dalam bentuk tepung natrium, kalium atau amonium alginat yang larut dalam air.

Kegunaan algin dalam industri ialah sebagai bahan pengental, pengatur keseimbangan, pengemulsi, dan pembentuk lapisan tipis yang tahan terhadap minyak. Algin dalam industri banyak digunakan dalam industri makanan untuk pembuatan es krim, serbat, susu es, roti, kue, permen, mentega, saus, pengalengan daging, selai, sirup, dan puding. Dalam industri farmasi banyak dimanfaatkan untuk tablet, salep, kapsul, plester, dan filter.

Industri kosmetik untuk *cream*, *lotion*, sampo, cat rambut, dan dalam industri lain seperti tekstil, kertas, fotografi, insektisida, pestisida, dan bahan pengawet kayu.

#### **2.1.4. Budidaya Rumput Laut dan Cara Pemakaian TON (Tambak Organik Nusantara)**

Dalam menjalankan budidaya rumput laut, pertama yang harus diperhatikan adalah pemilihan lokasi budidaya. Sebaiknya lokasi budidaya diusahakan di perairan yang tidak mengalami fluktuasi salinitas (kadar garam) yang besar dan bebas dari pencemaran industri maupun rumah tangga. Selain itu pemilihan lokasi juga harus mempertimbangkan aspek ekonomis dan tenaga kerja. Budidaya rumput laut dapat dilakukan di areal pantai lepas maupun di tambak. Dalam pembahasan sekarang ini kita akan menekankan pada budidaya di tambak. Hal ini mengingat peran TON yang tidak efektif jika di perairan lepas (pantai). Untuk budidaya perairan lepas dibedakan dalam beberapa metode, yaitu:

##### **2.1.4.1. Metode Lepas Dasar**

Dimana cara ini dikerjakan dengan mengikatkan bibit rumput laut pada tali-tali yang dipatok secara berjajar-jajar di daerah perairan laut dengan kedalaman antara 30-60 cm. Rumput laut ditanam di dasar perairan.

#### **2.1.4.2. Metode Rakit**

Cara ini dikerjakan di perairan yang kedalamannya lebih dari 60 cm. Dikerjakan dengan mengikat bibit rumput di tali-tali yang diikatkan di patok-patok dalam posisi seperti melayang di tengah-tengah kedalaman perairan.

#### **2.1.4.3. Metode Tali Gantung**

Jika dua metode di atas posisi bibit-bibit rumput laut dalam posisi horizontal (mendatar), maka metode tali gantung ini dilakukan dengan mengikatkan bibit-bibit rumput laut dalam posisi vertikal (tegak lurus) pada tali-tali yang disusun berjajar. Pemakaian TON dengan 3 cara di atas hanya dapat dilakukan dengan sistem perendaman bibit. Karena jika TON diaplikasikan di perairan akan tidak efektif dan akan banyak yang hilang oleh arus laut. Metode perendaman bibit dilakukan dengan cara :

1. Larutkan TON dalam air laut yang ditempatkan dalam wadah.
2. Untuk 1 liter air laut diberikan seperempat sendok makan (5-10gr) TON dan tambahkan 1-2 cc HORMONIK.
3. Rendam selama 4-5 jam, dan bibit siap ditanam.

### **2.1.5. Pengolahan Rumput Laut Basah dan Rumput Laut Kering**

#### **2.1.5.1. Melakukan Sortir Rumput Laut Hasil Panen Basah**

Pembahasan mengenai pengelolaan pasca panen rumput dalam modul ini adalah berlaku untuk jenis rumput laut penghasil karaginoFit dalam hal ini *Eucheuma cottoni* yang telah mampu dibudidayakan secara massal. Tipe

karaginan ini dibagi menjadi 3 macam yaitu Iota karaginan, kappa karaginan dan lambda karaginan. Iota karaginan dihasilkan oleh *Eucheuma spinosum*, kappa karaginan dihasilkan oleh *Eucheuma cottoni* atau *Kappaphycus alvarezii* sedangkan lambda karaginan dihasilkan oleh jenis *Condrus crispus*, ketiga tipe karaginan tersebut dibedakan karena sifat *jelly* yang terbentuk.

Perlu diketahui bahwa proses penyortiran pada pembahasan pada elemen komponen ini adalah bagi rumput laut hasil panen basah, yaitu perlakuan sesaat setelah melakukan pemanenan. Beberapa hal yang perlu diketahui dalam melakukan proses penyortiran antara lain sebagai berikut :

#### 1. Perlakuan Panen

Panen rumput laut dilakukan secara benar hal ini guna menjaga kualitas rumput laut yang akan diolah. Pemanenan sebaiknya dilakukan pada pagi hari atau sore hari untuk menghindari panas matahari. Perlakuan panen memberikan pengaruh nyata terhadap mutu karaginan yang mencakup rendemen, viskositas (tingkat kekentalan), kekuatan gel (*gel strength*) dan kadar abu.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan pemanenan, antara lain :

- a. Rumput laut yang dipanen harus sudah memasuki umur panen sebagaimana yang dipersyaratkan industri, yaitu 45 hari dengan pencapaian berat rumput laut minimal 4 kali lipat daribibit awal. Pada umur tersebut rumput laut

mempunyai kualitas *gel strength* dan mengandung karaginan yang optimal.

- b. Pemanenan dilakukan dengan jalan melepaskan rumpun rumput laut dari ikatan tali ris, atau dengan memotong bagian pangkal batang dengan menggunakan pisau tajam agar mempertahankan rumput laut tetap utuh. Hal ini untuk menghindari penurunan mutu rumput laut. Perlakuan panen dengan jalah diserut/dipatahkan pada bagian batang atau *thallus* akan menyebabkan keluarnya gel pada permukaan patahan, sehingga secara langsung akan menurunkan mutu rumput laut.

## 2. Seleksi Hasil Panen Rumput Laut Basah

Jenis produk rumput laut secara umum dibedakan berupa rumput laut kering dan rumput laut segar. Perlu diketahui bahwa pada sebagian pembudidaya proses pemanenan ada yang dilakukan dengan pemanenan total, artinya setelah mencapai umur 45 hari rumput laut dipanen untuk kemudian dilakukan seleksi untuk memisahkan *thallus* muda yang kemudian akan dijadikan bibit untuk ditanam kembali.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan seleksi hasil panen basah antara lain :

- a. Memisahkan antara rumput laut siap jemur/panen dengan *thallus* untuk dijadikan bibit rumput laut. Umur rumput laut siap panen dengan bibit dapat dilihat berdasarkan tampilan



*thallus* rumput laut. *Thallus* yang muda cenderung mempunyai tampilan warna cerah/transparan serta bila dipatahkan akan langsung patah dengan mudah.

- b. Memisahkan rumput laut dengan jenis rumput laut lain, biasanya tidak jarang pada saat proses budidaya rumput laut *Eucheuma cottoni* terdapat jenis lain yang menjadi competitor misalnya, *Gracillaria*, *Spinosum sp* maupun *Sargassum* yang menempel pada rumpun terutama pada budidaya dengan metode lepas dasar.
- c. Memisahkan rumput laut dari kemungkinan menempelnya jenis ganggang/lumut, kotoran maupun jenis hewan air penempel lain
- d. Hasil panen rumput laut basah harus dibersihkan dengan jalan dicuci sebelumnya dengan air laut sebelum dijemur.

### 3. Standar Mutu Hasil Panen Rumput Laut Basah

Seleksi hasil panen rumput laut basah dilakukan guna menjamin mutu rumput laut agar sesuai dengan standar yang diinginkan pihak industri pengolah. Secara umum standar hasil panen rumput laut basah yang perlu diperhatikan, meliputi:

- a. Umur panen harus memenuhi yaitu antara 45-50 hari. Umur panen tersebut telah memenuhi standar mutu terutama *gel strength* dan kandungan karaginan pada rumput laut.
- b. Rumput laut tidak terjadi patahan pada batang maupun *thallus* yang disebabkan oleh perlakuan panen yang kurang

benar. Mematahkan secara langsung dengan tangan apalagi dengancara diserut akan menyebabkan keluarnya gel secara berlebih melalui permukaan patahan, hal ini secara langsung akan berpengaruh terhadap *gel strength* rumput laut.

- c. Rumput laut bersih dari penempelan antara lain ganggang dan kotoran lain serta *thallus* dan batang normal.
- d. Mempunyai bau khas alamiah.

#### **2.1.5.2. Menyiapkan Peralatan Pengering**

Pada dasarnya proses pengeringan/penjemuran rumput laut *Eucheuma cottoni* dapat dilakukan dengan tiga metoda, antara lain :

1. Penjemuran dengan alas di atas permukaan tanah.
2. Penjemuran dengan metode para-para jemur.
3. Penjemuran dengan metode gantung.

Spesifikasi peralatan dan sarana yang dibutuhkan hendaknya disesuaikan dengan metode yang akan digunakan.

Langkah awal sebelum melakukan pengeringan rumput laut yaitu dengan membuat sarana pengeringan, sesuai metode yang akan digunakan. Beberapa kebutuhan peralatan yang harus dipersiapkan dalam membuat fasilitas pengeringan, antara lain :

1. Penjemuran dengan alas dipermukaan tanah.

Yang perlu dipersiapkan antara lain: alas plastik/terpal atau lantai semen yang digunakan sebagai alas untuk penyebaran rumput laut, dengan ukuran disesuaikan dengan kapasitas produksi maupun kapasitas lahan.

2. Penjemuran dengan metode para-para jemur

Kebutuhan antara lain: tiang bambu, alas dengan menggunakan bilahan bambu/anyaman bambu dengan lubang/rongga yang tidak terlalu besar, atau dapat pula dengan menggunakan jaring *poli ethylene* ukuran lubang 2 cm sebagai alas, paku, gergaji, golok, tali, dan tutup terpal. Ukuran para-para jemur disesuaikan dengan kapasitas lahan. Biasanya yang cukup ideal adalah dengan lebar 1-1,5 meter dan panjang 10-25 meter.

3. Penjemuran dengan metode gantung

Kebutuhan yang perlu dipersiapkan antara lain: Bambu, kayu, dan tali *Polyethlen*. Jumlah dan panjang gantungan disesuaikan dengan kapasitas produksi dan kapasitas lahan. Bambu digunakan sebagai tempat untuk menggantung rumput laut bersama tali ris pada saat penjemuran, sedangkan kayu digunakan sebagai penyangga atau tiang gantungan, tali PE digunakan untuk mengikat kayu ataupun bambu.

Keterampilan dalam menyiapkan peralatan pengering, mencakup bagaimana melakukan inventarisir terhadap kebutuhan sarana/peralatan pengering sesuai metoda yang akan digunakan, serta keterampilan dalam mendesain area jemur berdasarkan metode yang sudah ditentukan.

### **2.1.5.3. Pengetahuan Dalam Melakukan Pengeringan**

Pengeringan yang baik pada saat cuaca cerah dengan intensitas cahaya matahari yang optimal, faktor ini secara langsung akan menjamin kualitas produk rumput laut kering. Sedangkan proses pengeringan pada saat cuaca mendung atau hujan akan mengakibatkan fermentasi sehingga akan menurunkan mutu rumput laut kering.

Perlakuan sebelum pengeringan hendaknya dapat mengikuti permintaan pasar, hal ini karena ada beberapa pembeli yang menginginkan dengan criteria tertentu, misalnya kering asin (keringasalan), kering tawar (dicuci dengan air tawar), dan hasil fermentasi (biasanya tampilan berwarna putih).

Ada beberapa langkah yang dapat dilakukan dalam menghasilkan kriteria tersebut, antara lain :

1. Untuk mendapatkan kering asalan, rumput laut setelah dipanen dikeringkan sampai dengan kadar air 38-35% (kering karet), pengeringan yang bagus dilakukan pada para-para jemur maupun digantung. Untuk mencapai kering karet jika intensitas cahaya matahari normal biasanya membutuhkan waktu sekitar

- 2 hari, tandanya jika rumput laut sudah ditemplei kristal garam warna putih dan jika digenggam terasa seperti menggenggam karet.
2. Untuk menghasilkan kering tawar, setelah di panen rumput laut direndam dan dicuci dengan air tawar (biasanya sampai bau amis hilang) untuk kemudian dikeringkan dengan kadar air sesuai yang diminta.
  3. Untuk mendapatkan rumput laut hasil fermentasi, biasanya rumput laut dijemur dan ditutup plastik transparan, sehingga akan membuat tampilan warna rumput laut berwarna putih.

#### **2.1.5.4. Metode Pengeringan Rumput Laut**

Seperti yang sudah dijelaskan pada pembahasan awal, bahwa dalam melakukan pengeringan rumput laut ada 3 (tiga) metoda yang dapat digunakan, antara lain :

1. Pengeringan dengan alas, baik terpal plastik maupun lantai semen.
2. Pengeringan dengan menggunakan para-para jemur.
3. Pengeringan dengan metode gantung.

Bervariasinya teknik pengeringan disebabkan oleh beberapa faktor antara lain faktor sumber daya manusia terkait pemahaman mengenai mutu rumput laut, faktor alam, kapasitas lahan dan efesiensi biaya. Berikut akan dibahas mengenai prosedur pada masing-masing metoda di atas.

1. Pengeringan dengan alas

Metode pengeringan ini dengan melakukan penjemuran rumput laut di atas alas langsung di atas permukaan tanah. Sebagai alas dapat digunakan terpal plastik maupun lantai jemurdari semen dengan luas disesuaikan dengan biaya, kapasitas hasil panen maupun luasan lahan untuk penjemuran. Kelemahan teknik penjemuran dengan cara disebar dengan menggunakan alas plastik terpal/lantai jemur, antara lain :

- a. Kemungkinan tercampurnya rumput laut oleh kotoran
- b. Kekeringan yang tidak merata, hal ini disebabkan tidak ada nya sirkulasi udara, biasanya rumput laut akan berkeringat jika disebar di atas alas terpal plastik. Kondisi ini menyebabkan waktu pengeringan kurang efisien.

## 2. Pengeringan dengan para-para jemur

Metode penjemuran ini rumput laut tidak disebar diatas alas langsung di permukaan tanah, namun dengan menggunakan bilahan bambu yang diberi alas jaring *polietylen* atau anyaman bambu dengan rongga. Pada penjemuran dengan menggunakan para-para alas diletakan dengan menggunakan tiang bambu sehingga tidak langsung menyentuh permukaan tanah sebagaimana pada metode pertama yang sudah dijelaskan di atas. Jumlah dan ukuran unit para-para jemur disesuaikan dengan biaya, kapasitas hasil panen dan kapasitas lahan.

Metode penjemuran ini juga dapat dipasang tidak hanya di darat namun bias dilakukan di laut, yaitu dengan menancapkan bambu sebagai penyangga alas di dasar perairan. Biasanya pemasangan para-para jemur di laut dilakukan dekat rumah jaga. Walaupun dari aspek biaya penggunaan metode ini cukup mahal, namun metoda ini lebih baik dibanding metode penjemuran di atas alas terpal. Sehingga rata-rata para pembudidaya banyak yang memilih metoda dengan para-para jemur. Adapun Keuntungan metode pengeringan dengan menggunakan para-para jemur antara lain :

- a. Tingkat kekeringan yang merata dengan kadar air yang diinginkan, hal ini karena memungkinkan adanya sirkulasi udara melewati rongga pada alas jemur. Kondisi ini memungkinkan waktu pengeringan lebih efisien.
- b. Kemungkinan rumput laut tercampur kotoran minim.

### 3. Pengeringan metode gantung

Penjemuran dengan cara digantung dinilai lebih efektif dibanding ke dua metode di atas. Secara umum metode ini sudah biasa dilakukan oleh pembudidaya rumput laut di Provinsi Nusa Tenggara Timur. Teknik penjemuran dengan cara digantung dilakukan dengan menjemur rumput laut bersama tali ris pada tiang bambu yang dipasang secara horizontal. Cara ini dinilai baik karena rumput laut tidak

banyak mengalami benturan fisik apalagi pematihan *thallus*. Rumput laut yang diambil dari tali ris dengan cara dipatahkan bias menyebabkan luka fisik pada *thallus* dan disertai keluarnya getah/gel pada bagian tersebut, yang akan menyebabkan rendahnya kadar rumput laut kering. Keuntungan melakukan penjemuran dengan cara digantung antara lain sebagai berikut :

- a. Selain lebih murah, juga cara ini dinilai lebih baik karena dianggap memiliki kadar kotor yang lebih rendah. Dengan cara digantung kadar garam yang menempel akan minim, hal ini karena air yang mengandung garam akan dengan cepat menetes ke bawah.
- b. Tingkat kekeringan lebih merata dengan waktu pengeringan yang lebih efisien.
- c. Hasil rumput laut kering utuh. Namun demikian karena penjemuran ini juga dilakukan bersama tali ris, pada umumnya pembudidaya harus mempunyai tali ris ganda sebagai ganti untuk penanaman lagi.

#### **2.1.5.5. Kontrol Kualitas selama Proses Pengeringan**

Kegiatan kontrol kualitas selama proses pengeringan dilakukan dalam rangka mempertahankan kualitas rumput laut kering agar sesuai standar terutama kadar air dan tingkat kekotoran. Pada beberapa kasus para pembudidaya kurang memperhatikan kontrol kualitas pada saat penjemuran



sehingga mutu rumput laut kering yang dihasilkan tidak sesuai standar yang diinginkan oleh industri. Kondisi inilah yang menyebabkan posisi tawar produk rumput laut kering menjadi menurun.

Kontrol kualitas pada saat penjemuran dapat dilakukan melalui pembersihan kotoran, pembalikan, dan melindungi rumput laut yang dijemur dari tingkat kelembaban yang tinggi dan kontaminasi yang mungkin terjadi. Untuk mendapatkan tingkat kadar air yang optimal biasanya membutuhkan waktu pengeringan antara 3-4 hari tergantung dari tingkat intensitas matahari. Ciri atau warna rumput laut yang sudah kering adalah ungu keputihan dilapisi kristal garam.

Sedangkan hal yang perlu dihindari terkait perlakuan pada saat melakukan pengeringan rumput laut, antara lain :

1. Menghindari menjemur rumput laut di jalan atau dibahu jalan yang langsung tercemar oleh debu dan asap kendaraan, hal ini akan menjadi penyebab rumput laut terkontaminasi oleh logam berat.
2. Menghindari penjemuran di atas pasir, rumput, tanah atau media lain yang dapat menurunkan tingkat kualitas hasil rumput laut kering. Pada beberapa kasus banyak pembudidaya yang masih melakukan penjemuran di atas pasir di pinggir pantai, hal ini akan menyebabkan kerugian pada pihak pasar/industri sehingga posisi tawar produk menjadi rendah.
3. Menghindari perlakuan pengeringan dengan penggaraman. Dampak penggaraman akan mempengaruhi perolehan ekstrak,

mepergelap warna hasil panen sehingga menurunkan mutu rumput laut. Kondisi ini akan merugikan pihak industri pengolah.

Sebagai informasi bahwa hasil rumput laut dengan penggaraman dapat dibedakan dengan yang tanpa dibacem. Biasanya rumput laut hasil penggaraman jika disimpan beberapa hari akan mengeluarkan air dan garam yang berlebihan (tingkat kekeringan tidak normal).

Keterampilan dalam melakukan pengeringan antara lain sebagaimana yang telah dibahas pada materi pengetahuan sebelumnya. Pelaku harus terampil dalam melakukan pengeringan mulai dari penentuan metode penjemuran, prosedur pengeringan yang menjamin kualitas rumput laut kering, dan mampu mengontrol dan memperlakukan rumput laut pada saat penjemuran agar terjaga kualitasnya. Prosedur pengeringan berdasarkan metoda penjemuran antara lain :

- a. Pengeringan dengan alas terpal plastik atau alas lantai semen.
  1. Menyiapkan kebutuhan peralatan penjemuran yaitu alas jemur baik plastik maupun lantai semen.
  2. Membersihkan area jemur dari kemungkinan kotoran menempel.
  3. Rumput laut hasil panen terlebih dahulu dicuci untuk menghilangkan kotoran yang menempel. Pencucian dengan menggunakan air laut.

4. Menyebar rumput laut pada alas jemur dengan jalan mengatur ketebalan rumput laut agar tingkat kekeringan merata.
- b. Pengeringan di atas para-para jemur
1. Siapkan sarana para-para yang dibutuhkan dengan jumlah dan ukuran sesuai kapasitas hasil panen.
  2. Sebelumnya bersihkan para-para dari kotoran yang menempel.
  3. Rumput laut hasil panen sebelumnya dicuci air laut untuk menghindari penempelan kotoran.
  4. Letakkan rumput laut diatas para-para dengan mengatur ketebalan secara merata.
- c. Pengeringan dengan metode gantung
1. Menyiapkan sarana jemur gantung dengan jumlah dan ukuran/panjang unit disesuaikan dengan pertimbangan biaya, kapasitas hasil panen dan kapasitas lahan. Untuk menampung kapasitas hasil panen yang lebih banyak tempat penggantungan dapat dibuat lebih banyak dalam bentuk kontruksi rumah.
  2. Setelah pemanenan, sebaiknya mencuci rumput laut dan tali ris dengan air laut untuk meminimalisir penempelan kotoran.
  3. Penjemuran dengan mengikat/menggantung rumput laut bersama tali ris pada tiang jemuran, atau menggantung tali ris dan rumput laut pada paku/pasak yang dipasang pada tiang bambu/kayu horizontal.

4. Mengatur jarak antara ikatan rumput laut pada tiang jemuran agar tingkat kekeringan merata.

Beberapa hal yang dapat dilakukan dalam menjaga kualitas pada saat proses pengeringan, antara lain :

1. Melakukan pembersihan/sortasi dari kemungkinan penempelan kotoran pada saat proses pengeringan
2. Melakukan pembalikan secara kontinyu guna menjamin tingkat kekeringan merata sesuai tingkat kadar air yang diinginkan pihak industri.
3. Menjaga kelembaban agar tetap stabil, kelembaban tinggi terjadi pada saat musim hujan. Rumput laut pada saat malam hari ditutup plastik untuk menghindari pengaruh embun, atau simpan sementara pada gudang yang kelembabannya rendah sebelum dijemur ulang.
4. Melindungi rumput laut dari kontaminasi bahan kimia atau logam berat.

#### **2.1.5.6. Spesifikasi Kualitas Rumput Laut Kering**

Perlakuan pasca panen hendaknya perlu menjadi perhatian yang serius dari semua pelaku usaha rumput laut. Pembudidaya harus mulai sadar akan pentingnya jaminan kualitas hasil produksi yang baik, dengan begitu akan terbangun hubungan timbal balik secara positif antara pembudidaya dengan pihak industri pengolah. Jika standar kualitas rumput laut yang dihasilkan baik, maka akan berpengaruh terhadap keberlangsungan usaha industri

pengolah, kondisi ini tentunya secara langsung akan menjamin kontinuitas penyerapan produksi dari pembudidaya sehingga kegiatan usaha budidaya akan berjalan secara berkelanjutan.

Rumput laut *Eucheuma cottoni* kering hendaknya memenuhi standar yang dipersyaratkan pihak industri pengolah. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang dikeluarkan BSN yaitu SNI 01-2690-1992 tentang standar mutu rumput laut kering, mempersyaratkan beberapa spesifikasi mutu rumput laut kering yang harus dipenuhi meliputi kadar air, bau, benda asing, kadar karaginan dan kadar agar (rumput laut penghasil agar). Untuk lebih jelasnya dapat di lihat pada tabel 2.1. di bawah ini.

**Tabel. 2.1. Spesifikasi rumput laut kering**

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan			
			<i>Eucheuma</i>	<i>Gelidium</i>	<i>Gracillaria</i>	<i>Hypnea</i>
1	Kadar air	%	Maks.35	Maks.15	Maks. 25	Maks. 20
2	Bau, b/b	-	Khas	Khas	Khas	Khas
3	Benda asing, b/b	%	Maks.5	Maks.5	Maks. 5	Maks. 5
4	Kadarkaraginan*,b/b	%	Min.25	-	-	-
5	Kadar agar*, b/b	%	-	Min. 25	Min. 20	-

Sumber : Standar Nasional Indonesia (01-2690-1992)

Selain spesifikasi syarat mutu yang tertera dalam tabel di atas, beberapa parameter mutu rumput laut yang perlu diperhatikan dan biasanya dipersyaratkan pihak industri pengolah, antara lain meliputi :

1. *Gel strength*, yaitu tingkat kandungan *jelly* yang terdapat di dalam rumput laut;
2. Viskositas, yaitu tingkat kekentalan yang terdapat dalam rumput laut;
3. Nilai pH, yaitu derajat keasaman sisa alkali yaitu antara 7 sampai dengan 9
4. *SFDM (Salt Free Dry Matter)*, yaitu rumput laut kering yang telah bersih dari garam. *SFDM* ini mempengaruhi kandungan kekuatan gel rumput laut, nilai *SFDM* yang baik adalah  $> 34\%$ ;
5. *SS (salt and sand)*, merupakan jumlah garam dan pasir yang terdapat pada rumput laut kering, standar *SS* yang diuji sesuai SNI adalah  $< 28\%$ ;

Berdasarkan tingkat kadar air, produk rumput laut kering dapat dibedakan menjadi dua, yaitu rumput laut kering kawat (kadar air 20-30%) dan rumput laut kering karet (kadar air 30-40%). Biasanya secara umum para pembudidaya menjual rumput laut dengan standar kering karet. Rumput laut yang terlalu kering dikhawatirkan mengalami kerusakan yang berdampak pada kualitas karaginan. Kondisi kadar air pada produk rumput laut kering dipengaruhi oleh faktor lama penjemuran, intensitas cahaya matahari (musim) dan metode jemur.

Rumput laut yang baik tentunya harus memiliki standar nilai nasional agar dapat dikatakan baik atau tidaknya mutu dari rumput laut yang dihasilkan. Persyaratan mutu dan keamanan rumput laut diantaranya adalah untuk nilai uji sensori *Euchema* memiliki nilai 7, untuk *Gelidium* memiliki

nilai 7 dan untuk *Gracilaria* memiliki nilai 7 juga. Sedangkan untuk kadar air masing- masing dengan nilai 30-35%, 15-18% dan 15-20%

Rumput laut jenis *Eucheuma cottoni* merupakan penghasil karaginan yaitu untuk fraksi kappa karaginan. Kandungan karaginan dinyatakan dalam *CAY (Clean Anhydrous Carrageenanyield)* dengan nilai standar 40%, kurang dari nilai tersebut berarti rumput laut mempunyai standar kualitas rendah. Kandungan karaginan pada rumput laut *Eucheuma cottoni* dipengaruhi oleh beberapa faktor meliputi: bio massa awal, asal stek (*thallus*), umur panen, jarak tanam, sistem budidaya dan kualitas air.

#### **2.1.6. Pengerinan**

Pengerinan adalah suatu peristiwa perpindahan massa dan energi yang terjadi dalam pemisahan cairan atau kelembaban dari suatu bahan sampai batas kandungan air yang ditentukan dengan menggunakan gas sebagai fluida sumber panas dan penerima uap cairan.<sup>2</sup>

Pengerinan makanan memiliki dua tujuan utama. Tujuan pertama adalah sebagai sarana pengawetan makanan. Mikro organisme yang mengakibatkan kerusakan makanan tidak dapat berkembang dan bertahan hidup pada lingkungan dengan kadar air yang rendah. Selain itu, banyak enzim yang mengakibatkan perubahan kimia pada makanan tidak dapat berfungsi tanpa kehadiran. Tujuan kedua adalah untuk meminimalkan biaya

---

<sup>2</sup> *Treybal, 1980*

distribusi bahan makanan karena makanan yang telah dikeringkan akan memiliki berat yang lebih rendah dan ukuran yang lebih kecil.

Pengeringan merupakan proses penghilangan sejumlah air dari material. Dalam pengeringan, air dihilangkan dengan prinsip perbedaan kelembaban antara udara pengering dengan bahan makanan yang dikeringkan. Material biasanya dikontakkan dengan udara kering yang kemudian terjadi perpindahan massa air dari material ke udara pengering.

Dalam beberapa kasus, air dihilangkan secara mekanik dari material padat dengan cara di-*press*, sentrifugasi dan lain sebagainya. Cara ini lebih murah dibandingkan pengeringan dengan menggunakan panas. Kandungan air dari bahan yang sudah dikeringkan bervariasi bergantung dari produk yang ingin dihasilkan. Garam kering mengandung 0.5% air, batu bara mengandung 4% air dan produk makanan mengandung sekitar 5% air. Biasanya pengeringan merupakan proses akhir sebelum pengemasan dan membuat beberapa benda lebih mudah untuk ditangani.

#### **2.1.7. Klasifikasi Pengeringan**

Ditinjau dari pergerakan bahan padatnya, pengeringan dapat dibagi menjadi dua, yaitu pengeringan *batch* dan pengeringan kontinyu. Pengeringan *batch* adalah pengeringan dimana bahan yang dikeringkan dimasukkan ke dalam alat pengering dan didiamkan selama waktu yang ditentukan.



Pengeringan kontinu adalah pengeringan dimana bahan basah masuk secara sinambung dan bahan kering keluar secara sinambung dari alat pengering.<sup>3</sup>

Berdasarkan kondisi fisik yang digunakan untuk memberikan panas pada sistem dan memindahkan uap air, proses pengeringan dapat dibagi menjadi tiga, yaitu:

1. Pengeringan kontak langsung

Menggunakan udara panas sebagai medium pengering pada tekanan atmosferik. Pada proses ini uap yang terbentuk terbawa oleh udara.

2. Pengeringan *vacum*

Menggunakan logam sebagai medium pengontak panas atau menggunakan efek radiasi. Pada proses ini penguapan air berlangsung lebih cepat pada tekanan rendah.

3. Pengeringan beku

Pengeringan yang melibatkan proses sublimasi air dari suatu material beku.

### **2.1.8. Mekanisme Pengeringan**

Ketika benda basah dikeringkan secara termal, ada dua proses yang berlangsung secara simultan, yaitu :

1. Perpindahan energi dari lingkungan untuk menguapkan air yang terdapat di permukaan benda padat

---

<sup>3</sup> Geankoplis, 1993

Perpindahan energi dari lingkungan ini dapat berlangsung secara konduksi, konveksi, radiasi, atau kombinasi dari ketiganya. Proses ini dipengaruhi oleh temperatur, kelembapan, laju dan arah aliran udara, bentuk fisik padatan, luas permukaan kontak dengan udara dan tekanan. Proses ini merupakan proses penting selama tahap awal pengeringan ketika air tidak terikat dihilangkan. Penguapan yang terjadi pada permukaan padatan dikendalikan oleh peristiwa difusi uap dari permukaan padatan ke lingkungan melalui lapisan film tipis udara

## 2. Perpindahan massa air yang terdapat di dalam benda ke permukaan

Ketika terjadi penguapan pada permukaan padatan, terjadi perbedaan temperatur sehingga air mengalir dari bagian dalam benda padat menuju ke permukaan benda padat. Struktur benda padat tersebut akan menentukan mekanisme aliran internal air.

Beberapa mekanisme aliran internal air yang dapat berlangsung :

### a. *Diffusi*

Pergerakan ini terjadi bila *equilibrium moisture content* berada di bawah titik jenuh atmosferik dan padatan dengan cairan di dalam sistem bersifat *mutually soluble*. Contoh: pengeringan tepung, kertas, kayu, tekstil dan sebagainya.

### b. *Capillary flow*

Cairan bergerak mengikuti gaya gravitasi dan kapilaritas. Pergerakan ini terjadi bila *equilibrium moisture content* berada

di atas titik jenuh atmosferik. Contoh: pada pengeringan tanah, pasir, dan lain-lain.

Benda padat basah yang diletakkan dalam aliran gas kontinyu akan kehilangan kandungan air sampai suatu saat tekanan uap air di dalam padatan sama dengan tekanan parsial uap air dalam gas. Keadaan ini disebut *equilibrium* dan kandungan air yang berada dalam padatan disebut *equilibrium moisture content*. Pada kesetimbangan, penghilangan air tidak akan terjadi lagi kecuali apabila material diletakkan pada lingkungan (gas) dengan *relative humidity* yang lebih rendah (tekanan parsial uap air yang lebih rendah).

## **2.1.9. Metode Pengeringan**

### **2.1.9.1. *Batch Tray Dryer (Batch Drying)***

Metode *batch* merupakan metode *tray drying* yang paling sederhana. *Tray dryer* terdiri dari bilik pemanasan yang terbuat dari kayu atau logam-logam tertentu. *Tray*/kolom yang telah dimasukkan material yang ingin dikeringkan kemudian diletakkan secara bersusun dalam kolom. Setelah ruangan ditutup, maka udara panas dialirkan ke dalam ruang pemanas hingga semua bahan menjadi kering.

Udara panas yang masuk dari sebelah bawah ruang menyebabkan material yang ada kolom yang paling bawah menjadi yang paling pertama kering. Setelah tenggat waktu tertentu, *tray* akan dikeluarkan dan material yang telah kering diambil. Material lain yang ingin dikeringkan dimasukkan dan prosedur terjadi berulang-ulang.

### **2.1.9.2. Solar Dryer (Continuous Drying)**

*Solar drying* merupakan metode pengeringan yang saat ini sering digunakan untuk mengeringkan bahan-bahan makanan hasil panen. Metode ini bersifat ekonomis pada skala pengeringan besar karena biaya operasinya lebih murah dibandingkan dengan pengeringan dengan mesin. Prinsip dari *solar drying* ini adalah pengeringan dengan menggunakan bantuan sinar matahari. Perbedaan dari pengeringan dengan sinar matahari biasa adalah *solar drying* dibantu dengan alat sederhana sedemikian rupa sehingga pengeringan yang dihasilkan lebih efektif.

Metode *solar drying* sering digunakan untuk mengeringkan padi. Namun karena pada prinsipnya pengeringan adalah untuk mengurangi jumlah air (kelembaban) bahan, maka metode ini juga bisa diaplikasikan untuk bahan makanan lain.

Cara kerja *solar dryer* adalah sebagai berikut: Bahan yang ingin dikeringkan dimasukkan ke dalam bilik yang berada pada ketinggian tertentu dari permukaan tanah. Udara sekitar masuk melalui saluran yang dibuat lebih rendah daripada bilik pemanasan dan secara otomatis terpanaskan oleh sinar matahari secara konveksi pada saat udara tersebut mengalir menuju bilik pemanasan. Udara yang telah terpanaskan oleh sinar matahari kemudian masuk kedalam bilik pemanas dan memanaskan bahan makanan. Pengeringan bahan makanan jadi lebih efektif karena pemanasan yang terjadi berasal dari dua arah, yaitu dari sinar matahari secara langsung (radiasi) dan aliran udara panas dari bawah (konveksi).

### 2.1.9.3. *Spray Dryer (Continuous Drying)*

Metode mengeringkan *spray drying* merupakan metode pengeringan yang paling banyak digunakan dalam industri terutama industri makanan. Metode ini mampu menghasilkan produk dalam bentuk bubuk atau serbuk dari bahan-bahan seperti susu, buah buahan, dll.

Bagian-bagian dari unit *spray dryer*:

1. *Feed pump*
2. *Atomizer*
3. Pemanas uap (*air heater*)
4. Pendispersi udara (*air disperse*)
5. *Drying chamber*
6. *Recovery powder system*
7. Pembersih udara keluaran

Cara kerja *spray dryer* adalah sebagai berikut: Pertama-tama seluruh air dari bahan yang ingin dikeringkan, diubah ke dalam bentuk butiran-butiran air dengan cara diupakan menggunakan *atomizer*. Air dari bahan yang telah berbentuk tetesan-tetesan tersebut kemudian di kontakkan dengan udara panas. Peristiwa pengontakkan ini menyebabkan air dalam bentuk tetesan-tetesan tersebut mengering dan berubah menjadi serbuk. Selanjutnya proses pemisahan antara uap panas dengan serbuk dilakukan dengan *cyclone* atau penyaring. Setelah di pisahkan, serbuk kemudian kembali diturunkan suhunya sesuai dengan kebutuhan produksi.

### 2.1.10. Air dalam Bahan Pangan

Air bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) dan temperature 273,15 K (0°C). Air merupakan pelarut yang kuat, melarutkan banyak zat kimia. Zat-zat yang larut dengan baik dalam air (misalnya garam-garam) disebut sebagai zat-zat hidrofilik (pencinta air), dan zat-zat yang tidak mudah tecampur dengan air (misalnya lemak dan minyak), disebut sebagai zat-zat hidrofobik (takut air)<sup>4</sup>

Meskipun sering diabaikan, air merupakan salah satu unsur penting dalam makanan. Air sendiri meskipun bukan merupakan sumber nutrisi seperti bahan makanan lain, namun sangat esensial dalam kelangsungan proses biokimia organisme hidup. Salah satu pertimbangan penting dalam penentuan lokasi pabrik pengolahan bahan makanan adalah adanya sumber air yang secara kualitatif memenuhi syarat. Dalam pabrik pengolahan pangan, air diperlukan untuk berbagai keperluan misalnya : pencucian, pengupasan umbi atau buah, penentuan kualitas bahan (tenggelam atau mengambang), bahan baku proses, medium pemanasan atau pendinginan, pembentukan uap, sterilisasi, melarutkan dan mencuci bahan sisa.<sup>5</sup>

Air dalam bahan pangan berperan sebagai pelarut dari beberapa komponen di samping ikut sebagai bahan pereaksi, sedangkan bentuk air dapat ditemukan sebagai air bebas dan air terikat. Air bebas dapat dengan mudah hilang apabila terjadi penguapan atau pengeringan, sedangkan air terikat sulit dibebaskan dengan cara tersebut. Sebenarnya air dapat terikat

---

<sup>4</sup> Wulanriky, 2011

<sup>5</sup> Sudarmadji, 2003

secara fisik, yaitu ikatan menurut sistem kapiler dan air terikat secara kimia, antara lain air kristal dan air yang terikat dalam sistem dispersi.<sup>6</sup>

Air dalam suatu bahan makanan terdapat dalam berbagai bentuk :

1. Air bebas, air ini terdapat dalam ruang-ruang antar sel dan inter-granular dan pori-pori yang terdapat pada bahan.
2. Air yang terikat secara lemah, air ini teradsorpsi pada permukaan *kolloid* makromolekuler seperti protein, pektin pati, selulosa. Selain itu air juga terdispersi diantara kolloid tersebut dan merupakan pelarut zat-zat yang ada dalam sel. Air yang ada dalam bentuk ini masih tetap mempunyai sifat air bebas dan dapat dikristalkan pada proses pembekuan. Ikatan antara air bebas dengan kolloid tersebut merupakan ikatan hidrogen.
3. Air dalam keadaan terikat kuat, air ini membentuk hidrat. Ikatannya bersifat ionik sehingga relatif sukar dihilangkan atau diuapkan. Air ini tidak membeku meskipun pada 0°F. Air yang terdapat dalam bentuk bebas dapat membantu terjadinya proses kerusakan bahan makanan misalnya proses mikrobiologis, kimiawi, ensimatik, bahkan oleh aktivitas serangga perusak.

Jumlah air bebas dalam bahan pangan yang dapat digunakan oleh mikroorganisme dinyatakan dalam besaran aktivitas air ( $A_w = \text{Water Activity}$ ). Mikroorganisme memerlukan kecukupan air untuk tumbuh dan berkembang

---

<sup>6</sup> Purnomo, 1995

baik. Seperti halnya pH, mikroba mempunyai nilai  $A_w$  minimum, maksimum dan optimum untuk tumbuh dan berkembang baik.<sup>7</sup>

Sampai sekarang belum diperoleh sebuah istilah yang tepat untuk air yang terdapat dalam bahan makanan. Istilah yang umumnya dipakai hingga sekarang ini adalah “air terikat” (*bound water*). Walaupun sebenarnya istilah ini kurang tepat, karena keterikatan air dalam bahan berbeda-beda, bahkan ada yang tidak terikat. Karena itu, istilah “air terikat” ini dianggap suatu sistem yang mempunyai derajat keterikatan berbeda-beda dalam bahan<sup>8</sup>

Menurut derajat keterikatan air, air terikat dapat dibagi atas empat tipe.

1. Tipe I adalah molekul air yang terikat pada molekul-molekul lain melalui suatu ikatan hidrogen yang berenergi besar. Air tipe ini tidak dapat membeku pada proses pembekuan, tetapi sebagian air ini dapat dihilangkan dengan cara pengeringan biasa. Air tipe ini terikat kuat dan sering kali disebut air terikat dalam arti sebenarnya.
2. Tipe II, yaitu molekul-molekul air membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air lain, terdapat dalam mikrokapiler dan sifatnya agak berbeda dengan air minum. Air ini lebih sukar dihilangkan dan penghilangan air tipe II akan mengakibatkan penurunan  $A_w$  (*water activity*). Jika air tipe II dihilangkan seluruhnya, kadar air bahan akan berkisar 3-7 % dan kestabilan optimum bahan makanan akan tercapai, kecuali pada produk-

---

<sup>7</sup> Ahmadi & Estiasih, 2009

<sup>8</sup> Winarno, 1992



produk yang dapat mengalami oksidasi akibat adanya kandungan lemak tidak jenuh.

3. Tipe III adalah air yang secara fisik terikat dalam jaringan matriks bahan seperti membran, kapiler, serat, dan lain-lain. Air tipe III inilah yang sering kali disebut dengan air bebas. Air tipe ini mudah diuapkan dan dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan mikroba dan media bagi reaksi-reaksi kimiawi. Apabila air tipe ini diuapkan seluruhnya, kandungan air bahan berkisar antara 12-25 % dengan  $A_w$  (*water activity*) kira-kira 0,8% tergantung dari jenis bahan dan suhu.
4. Tipe IV adalah air yang tidak terikat dalam jaringan suatu bahan atau air murni dengan sifat-sifat air biasa dan keaktifan penuh.<sup>9</sup>

Selain tipe-tipe air tersebut di atas, beberapa penulis membedakan pula air imbibisi dan air Kristal. Air imbibisi merupakan air yang masuk kedalam bahan pangan dan akan menyebabkan pengembangan volume, tetapi air ini tidak merupakan komponen penyusun bahan tersebut. Misalnya air dengan beras bila dipanaskan akan membentuk nasi, atau pembentukan gel dari bahan pati. Air Kristal adalah air terikat dalam semua bahan, baik pangan maupun *non* pangan yang berbentuk kristal, seperti gula, garam,  $\text{CuSO}_4$ , dan lain-lain.

---

<sup>9</sup> Winarno, 1992

### 2.1.10.1. Kadar Air dalam Bahan Makanan

Kadar air adalah perbedaan antara berat bahan sebelum dan sesudah dilakukan pemanasan. Setiap bahan bila diletakkan dalam udara terbuka kadar airnya akan mencapai keseimbangan dengan kelembaban udara disekitarnya. Kadar air ini disebut dengan kadar air seimbang. Setiap kelembaban relatif tertentu dapat menghasilkan kadar air seimbang tertentu pula. Dengan demikian dapat dibuat hubungan antara kadar air seimbang dengan kelembaban relatif. aktivitas air dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$A_w = ERH/100$$

$$A_w = \text{aktivitas air}$$

$$ERH = \text{kelembaban relatif seimbang}$$

Bila diketahui kurva hubungan antara kadar air seimbang dengan kelembaban relatif pada hakikatnya dapat menggambarkan pula hubungan antara kadar air dan aktivitas air. Kurva sering disebut kurva Isoterm Sorpsi Lembab (ISL). Setiap bahan mempunyai ISL yang berbeda dengan bahan lainnya. Pada kurva tersebut dapat diketahui bahwa kadar air yang sama belum tentu memberikan  $A_w$  (*water activity*) yang sama tergantung macam bahannya. Pada kadar air yang tinggi belum tentu memberikan  $A_w$  (*water activity*) yang tinggi bila bahannya berbeda. Hal ini dikarenakan mungkin bahan yang satu disusun oleh bahan yang dapat mengikat air sehingga air

bebas relatif menjadi lebih kecil dan akibatnya bahan jenis ini mempunyai *Aw (water activity)* yang rendah.<sup>10</sup>

Nilai *Aw (water activity)* suatu bahan atau produk pangan dinyatakan dalam skala 0 sampai 1. Nilai 0 berarti dalam makanan tersebut tidak terdapat air bebas, sedangkan nilai 1 menunjukkan bahwa bahan pangan tersebut hanya terdiri dari air murni. Kapang, khamir, dan bakteri ternyata memerlukan nilai *Aw (water activity)* yang paling tinggi untuk pertumbuhannya. Nilai *Aw (water activity)* terendah dimana bakteri dapat hidup adalah 0,86. Bakteri-bakteri yang bersifat halofilik atau dapat tumbuh pada kadar garam tinggi dapat hidup pada nilai *Aw* yang lebih rendah yaitu 0,75. Sebagian besar makanan segar mempunyai nilai  $Aw = 0,99$ . Pada produk pangan tertentu supaya lebih awet biasa dilakukan penurunan nilai *Aw (water activity)*. Cara menurunkan nilai *Aw (water activity)* antara lain dengan menambahkan suatu senyawa yang dapat mengikat air.<sup>11</sup>

Kandungan air dalam bahan makanan mempengaruhi daya tahan bahan makanan terhadap serangan mikroba yang dinyatakan *Aw (water activity)* yaitu jumlah air bebas yang dapat digunakan oleh mikroorganisme untuk pertumbuhannya. Berbagai mikroorganisme mempunyai *Aw (water activity)* minimum agar dapat tumbuh dengan baik, misalnya bakteri  $Aw : 0,90$  ; khamir  $Aw : 0,80-0,90$  ; kapang  $Aw : 0,60-0,70$ . Untuk memperpanjang daya tahan suatu bahan, sebagian air dalam bahan harus dihilangkan dengan

---

<sup>10</sup> Wulanriky, 2011

<sup>11</sup> Ahmadi & Estiasih, 2009

beberapa cara tergantung dari jenis bahan. Umumnya dilakukan pengeringan, baik dengan penjemuran atau dengan alat pengering buatan.

### **2.1.11. Heater**

*Electrical Heating Element* (elemen pemanas listrik) banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari, baik didalam rumah tangga ataupun peralatan dan mesin industri. Bentuk dan tipe dari *Electrical Heating Element* ini bermacam macam disesuaikan dengan fungsi, tempat pemasangan dan media yang akan dipanaskan.

Panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik ini bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik tinggi (*Resistance Wire*) biasanya bahan yang digunakan adalah niklin yang dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi oleh isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga aman jika digunakan.

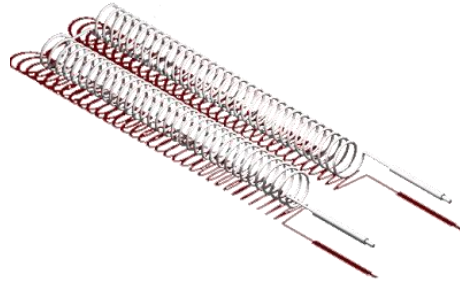
#### **2.1.11.1. Jenis-jenis Heater**

Berikut ini adalah macam-macam jenis *heater* yang sering dipergunakan pada berbagai macam peralatan elektronik.

##### **1. Coil Heater**

Bentuknya yang telanjang seperti pada Gambar 2.4. (tidak tertutup isolator ataupun pipa selongsong) cocok untuk memanaskan udara, panas yang dihasilkan langsung di-*transfer* ke udara sekitarnya, pemasangan *heater* ini menggunakan *support*

(pegangan) dengan bahan isolator listrik yang baik dan tahan panas tinggi seperti: keramik, mika, asbes, *fibrothal*, *castable* dan lain-lain.

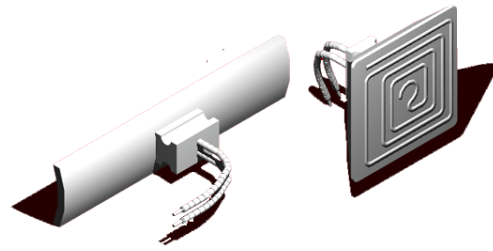


**Gambar 2.4. Coil Heater**

Cocok untuk digunakan pada kompor listrik dan oven dan *furnace* (tungku) dimana media yang akan dipanaskan tidak langsung mengenai gulungan *heater* ini.

## **2. Infra Red Heater**

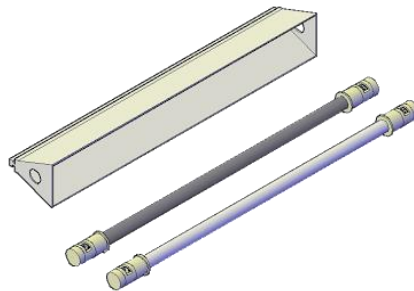
*Coil* (gulungan) niklin dicor bersama-sama bahan keramik seperti pada Gambar 2.5. Pada *Heater* tipe ini digunakan sebagai sumber panas radiasi, dimana permukaan keramik pelapisnya berfungsi sebagai reflektor. *Heater* jenis ini banyak digunakan untuk memanaskan benda-benda yang hasil permukaannya mengkilap seperti pada pengeringan hasil pengecatan atau pewarnaan, pembuatan foam, pengeringan hasil sablon dan lain-lain.



**Gambar 2.5. *Infra Red Heater***

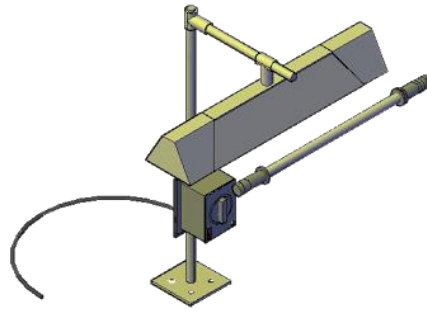
### **3. *Silica & Infra fara Heater***

*Coil* atau gulungan niklin dimasukkan ke dalam tabung (pipa) dari bahan silica atau *black body* keramik yang di kedua ujungnya diberi terminal baut sebagai *input power* listrik dan kemudian ditutup oleh dop keramik. Seperti pada Gambar 2.6.



**Gambar 2.6. *Heater Silica dan Infra Fara***

Fungsi kedua tipe *heater* ini hampir sama dengan *infra red heater*, pemasangannya dilengkapi dengan reflektor yang terbuat dari bahan *stainless steel* ataupun aluminium. Seperti pada Gambar 2.7.

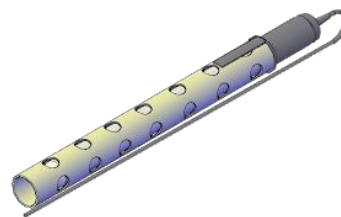


**Gambar 2.7. Penggunaan *Heater Silica dan Infra Fara***

#### **4. *Quartz Heater***

*Heater* jenis ini elemen pemanasnya digulung di atas batangan keramik, sehingga kedua terminalnya ada pada satu sisi, kemudian gulungan ini dimasukkan ke dalam tube berbahan *Quartz* (silica) dengan warna putih susu dan tube tadi diberi lapisan pipa *pvc*/teplon berlubang yang berfungsi sebagai pelindung *quartz* dari benturan dengan benda lain saat dimasukkan ke cairan yg akan dipanaskan. Seperti pada Gambar 2.8.

Penggunaan *quartz heater* ini untuk memanaskan cairan kimia dengan suhu yang tidak terlalu tinggi. seperti pada pengerjaan *electroplating*, *hardchrome* dan lain - lain



**Gambar 2.8. *Quartz Heater***

## 5. *Tubular Heater*

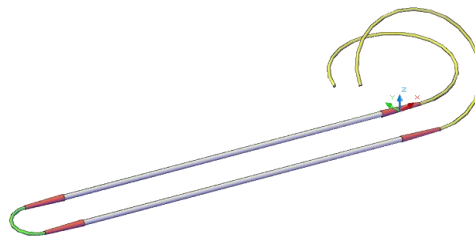
*Tubular Heater* ini paling banyak bentuknya, namun bisa digolongkan menurut pemakaiannya yaitu :

*Tubular heater* standar seperti pada Gambar 2.9. berbentuk lurus, *U form*, *W form* *multi form* ataupun *over the side heater* digunakan untuk memanaskan udara atau cairan.



**Gambar 2.9. *Tubular Model Standar***

*Tubular Heater* dengan *water proof terminals* seperti pada Gambar 2.10.



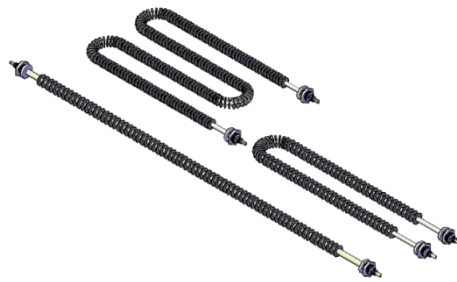
**Gambar 2.10. *Deffrost Heater***

Dipasaran *heater* jenis ini disebut juga *deffrost heater*, merupakan bentuk lanjut dari tubular heater hanya pada kedua terminal nya disambung kabel dan ditutup dengan resin khusus dimaksudkan agar tidak kemasukan cairan.



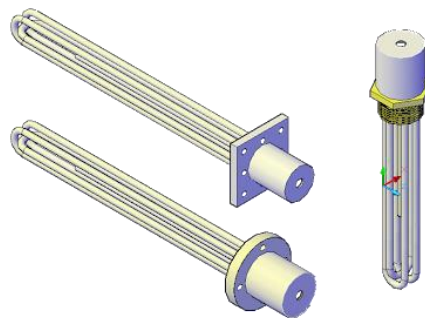
Heater jenis ini banyak digunakan pada mesin-mesin pendingin dan pintu-pintu ruang pendingin agar tidak membeku sehingga mudah di buka.

*Finned Heater*, banyak digunakan pada *blower heater*, *dryer* dengan *fan* motor yang menghembuskan udara ke permukaan sirip atau *finned*. Seperti pada Gambar 2.11.



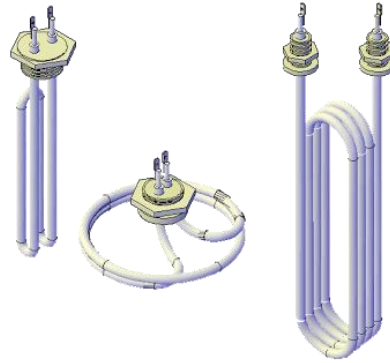
**Gambar 2.11. *Finned/Sirip Heater***

*Immersion Heater*, adalah pemanas yang digunakan untuk memanaskan cairan, baik air ataupun bahan kimia. terdiri dari 1 atau lebih *tubular heater* berbentuk *U form* yang dipasang pada *flans* ataupun *nipple screw*. ada beberapa jenis *flans* yaitu *flans* bulat dan persegi empat. Seperti pada Gambar 2.12.



**Gambar 2.12. *Immersion Heater***

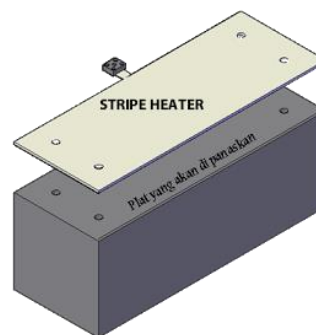
*Water Heater*, sesuai dengan namanya heater jenis ini digunakan untuk memanaskan cairan. Seperti pada Gambar 2.13.



**Gambar 2.13.** Macam macam *water heater*

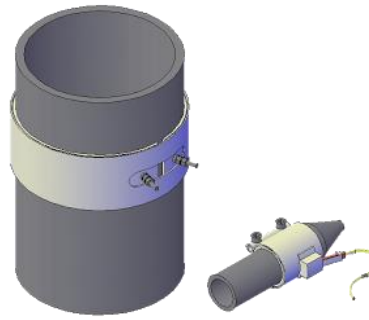
#### 6. *Stripe, Nozzle dan Band Heater*

*Stripe heater* digunakan untuk memanaskan permukaan benda yang rata, seperti pada *hot plate* dan sebagainya. Seperti pada Gambar 2.14.



**Gambar 2.14.** Penggunaan *stripe heater*

*Band heater* digunakan untuk memanaskan tabung atau pipa, *band heater* ini dilengkapi dengan baut pengunci pada bagian plat sabuknya. Seperti pada Gambar 2.15.

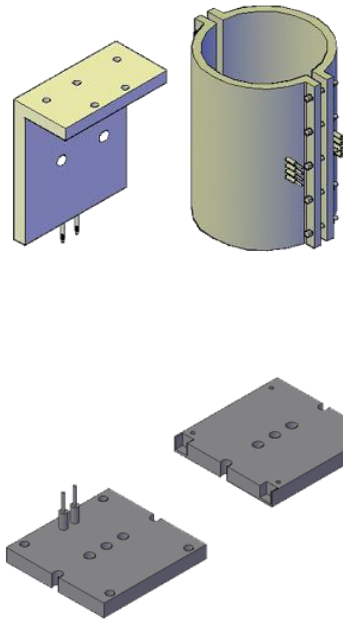


**Gambar 2.15. Pemasangan *band heater* dan *nozzle heater***

Seperti *band heater*, *nozzle heater* juga dipergunakan untuk memanaskan tabung, perbedaannya diameter *nozzle heater* lebih kecil dari 50mm. *Nozzle heater* dan *band heater* paling banyak dipergunakan untuk *barrel* mesin *extruder* dan *injection* plastik, pada *barrelnya* dipasang *band heater* dan pada ujung keluaran cairan plastik (*nozzle*) dipasang *nozzle heater*. Seperti pada Gambar 2.15.

### **7. *Cast-In Heater***

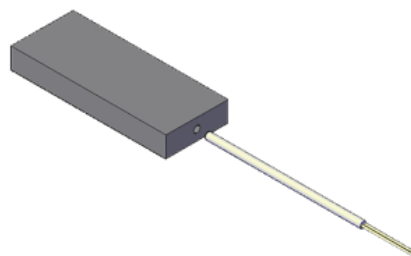
Bentuk dan fungsinya sama dengan *stripe*, *nozzle* dan *band heater*, karena *heater* awalnya berbentuk *tubular heater* yang kemudian dicor dengan bahan aluminium atau kuningan, maka ketebalan *heater* ini minimum 18mm dan kekuatannya jauh diatas *stripe*, *nozzle* dan *band heater*. Seperti pada Gambar 2.16.



**Gambar 2.16. Cast-In heater**

### **8. Cartridge Heater**

*Heater* jenis ini banyak digunakan untuk memanaskan cetakan cetakan (*muould*) ataupun *die block* dengan cara memasukkannya ke dalam lubang (*hole*) cetakan, cetakan atau *die block* tersebut dimana diameter lubang sama dengan diameter Pipa *Cartridge* dengan toleransi tidak lebih dari 0.127mm. Seperti pada Gambar 2.17.



**Gambar 2.17. Pemasangan Cartridge Heater**

### 2.1.12. Sensor Suhu dan Kelembaban Udara

SHT11 *Module* merupakan modul sensor suhu dan kelembaban relatif dari *Sensirion*. Modul ini dapat digunakan sebagai alat pengindra suhu dan kelembaban dalam aplikasi pengendali suhu dan kelembaban ruangan maupun aplikasi pemantau suhu dan kelembaban relatif ruangan.

#### 2.1.12.1. Spesifikasi SHT11

Spesifikasi dari SHT11 ini adalah sebagai berikut:

1. Berbasis sensor suhu dan kelembaban relatif Sensirion SHT11.
2. Mengukur suhu dari -40C hingga +123,8C, atau dari -40F hingga +254,9F dan kelembaban relatif dari 0%RH hingga 100%RH.
3. Memiliki ketetapan (akurasi) pengukuran suhu hingga 0,5C pada suhu 25C dan ketepatan (akurasi) pengukuran kelembaban relatif hingga 3,5%RH.
4. Memiliki antarmuka serial synchronous 2-wire, bukan I2C.
5. Jalur antarmuka telah dilengkapi dengan rangkaian pencegah kondisi sensor lock-up.
6. Membutuhkan catu daya +5V DC dengan konsumsi daya rendah 30  $\mu$ W.
7. Modul ini memiliki faktor bentuk 8 pin DIP 0,6 sehingga memudahkan pemasangannya.

SHT11 tampak depan dan belakang dapat dilihat pada gambar 2.18.



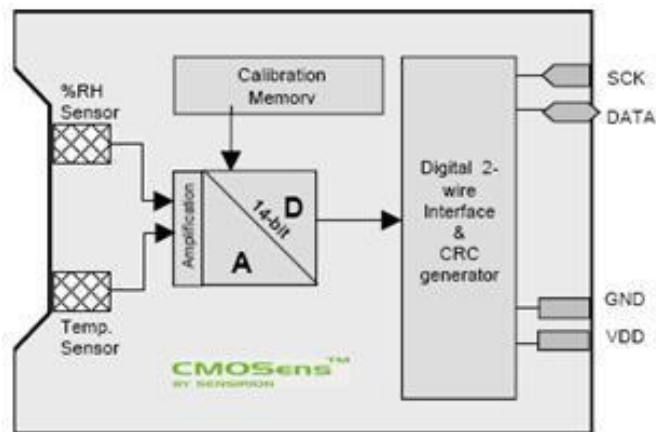
**Gambar 2.18. Modul SHT11**

Sumber: <https://fahmizaleeits.wordpress.com>

### 2.1.12.2. Prinsip Kerja Sensor

SHT11 adalah sebuah *single chip* sensor suhu dan kelembaban relatif dengan *multi* modul sensor yang *output*-nya telah dikalibrasi secara *digital*. Di bagian dalamnya terdapat kapasitas polimer sebagai elemen untuk sensor kelembaban relatif dan sebuah pita regangan yang digunakan sebagai sensor temperatur. Output kedua sensor digabungkan dan dihubungkan pada ADC

14 bit dan sebuah *interface serial* pada satu *chip* yang sama. Sensor ini menghasilkan sinyal keluaran yang baik dengan waktu respon yang cepat. SHT11 ini dikalibrasi pada ruangan dengan tingkat kelembaban yang akurat menggunakan *hygrometer* sebagai referensinya. Koefisien kalibrasinya telah diprogramkan kedalam *OTP memory*. Koefisien tersebut akan digunakan untuk mengkalibrasi keluaran dari sensor selama proses pengukuran. Dapat dilihat pada Gambar 2.19. diagram blok dari SHT11.

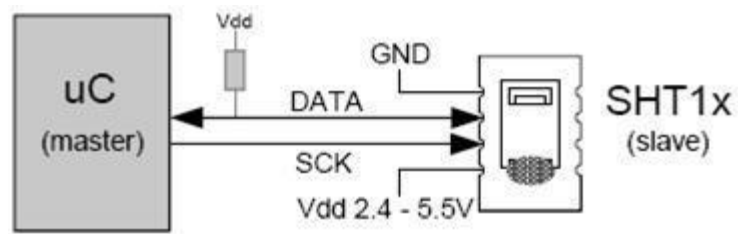


**Gambar 2.19. Diagram Blok SHT11**

Sumber: <https://fahmizaleeits.wordpress.com>

Sistem sensor yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban adalah SHT11 dengan sumber tegangan 5 Volt dan komunikasi bidirectional 2-wire. Sistem sensor ini mempunyai 1 jalur data yang digunakan untuk perintah pengalamatan dan pembacaan data. Pengambilan data untuk masing-masing pengukuran dilakukan dengan memberikan perintah pengalamatan oleh mikrokontroler. Kaki serial Data yang terhubung dengan mikrokontroler memberikan perintah pengalamatan pada pin Data SHT11 “00000101” untuk mengukur kelembaban relatif dan “00000011” untuk

pengukuran temperatur. SHT11 memberikan keluaran data kelembaban dan temperatur pada pin Data secara bergantian sesuai dengan clock yang diberikan mikrokontroler agar sensor dapat bekerja. Sensor SHT11 memiliki ADC (Analog to Digital Converter) di dalamnya sehingga keluaran data SHT11 sudah terkonversi dalam bentuk data digital dan tidak memerlukan ADC eksternal dalam pengolahan data pada mikrokontroler. Skema pengambilan data SHT11 dapat dilihat pada gambar 2.20. dan tabel keterangan dari skema pada tabel 2.2.



**Gambar 2.20. Skema Pengambilan Data SHT11**

Sumber: <https://fahmizaleits.wordpress.com>

**Tabel 2.2. Tabel Keterangan dari Skema Pengambilan Data SHT11**

Pin	Name	Comment
1	GND	Ground
2	DATA	Serial data bidirectional
3	SCK	Serial clock input
4	VDD	Supply 2.4-5.5V



### 2.1.13. Arduino Mega

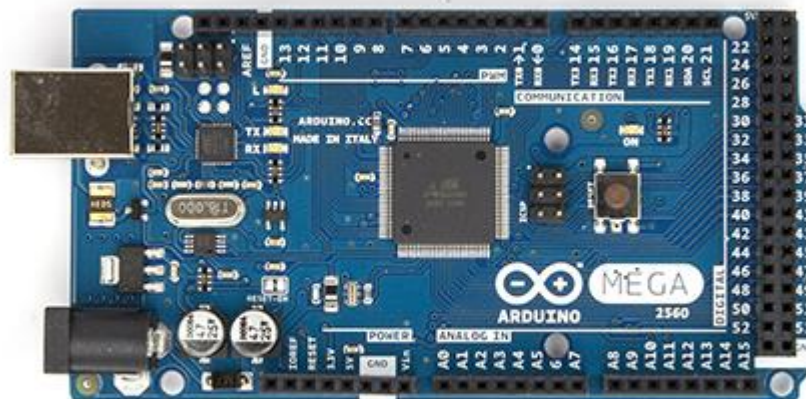
Arduino Mega2560 adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega2560. Arduino Mega2560 memiliki 54 *pin* digital *input/ output*, dimana 15 *pin* dapat digunakan sebagai *output* PWM, 16 *pin* sebagai *input analog*, dan 4 *pin* sebagai UART (*port serial hardware*), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, *jack power*, *header* ICSP, dan tombol *reset*. Ini semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, cukup dengan menghubungkannya ke komputer melalui kabel USB atau *power* dihubungkan dengan adaptor AC-DC atau baterai untuk mulai mengaktifkannya. Arduino Mega2560 adalah versi terbaru yang menggantikan versi Arduino Mega.<sup>12</sup> Gambar dari arduino mega sendiri dapat dilihat pada gambar 2.21.

Arduino Mega2560 Revisi 3 memiliki fitur-fitur baru sebagai berikut:

1. 1.0 *pin out* : Ditambahkan *pin* SDA dan *pin* SCL yang dekat dengan *pin* AREF dan dua *pin* baru lainnya ditempatkan dekat dengan *pin* RESET, IOREF memungkinkan shield untuk beradaptasi dengan tegangan yang tersedia pada papan. Di masa depan, shield akan kompatibel baik dengan papan yang menggunakan AVR yang beroperasi dengan 5 Volt dan dengan Arduino Due yang beroperasi dengan tegangan 3.3 Volt. Dan ada dua *pin* yang tidak terhubung, yang disediakan untuk tujuan masa depan.
2. Sirkuit RESET.
3. Chip ATmega16U2 menggantikan chip ATmega8U2.

---

<sup>12</sup> Hendriono, Mengenal Arduino Mega2650, 2014.  
<http://www.hendriono.com/blog/post/mengenal-arduino-mega2560#isi4>

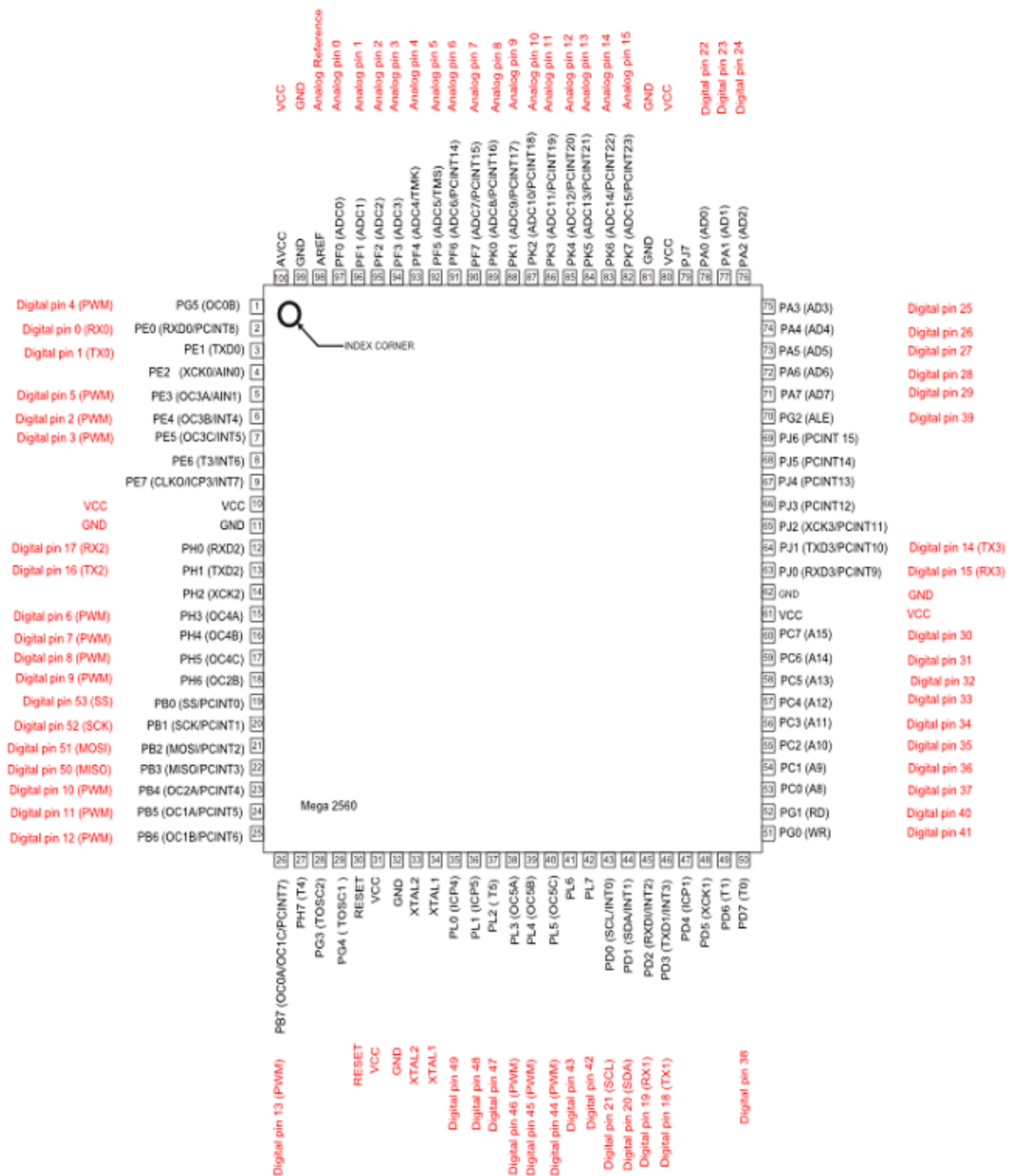


**Gambar 2.21. Arduino Mega2560**

Sumber: <http://www.hendriono.com>

#### 2.1.13.1. Pemetaan *Pin*

Dibawah ini pemetaan *pin* ATmega2560 dengan Arduino Mega2560 dapat dilihat pada gambar 2.22. dan keterangannya dapat dilihat pada tabel 2.3.



Gambar 2.22. Pemetaan Pin ATmega2560 dengan Arduino Mega2560

Sumber: <http://www.hendriyono.com>

**Tabel 2.3. Keterangan Pemetaan Pin**

<b>Nomor Pin</b>	<b>Nama Pin</b>	<b>Peta Nama Pin</b>
1	PG5 (OC0B)	Digital pin 4 (PWM)
2	PE0 (RXD0/PCINT8)	Digital pin 0 (RX0)
3	PE1 (TXD0)	Digital pin 1 (TX0)
4	PE2 (XCK0/AIN0)	
5	PE3 (OC3A/AIN1)	Digital pin 5 (PWM)
6	PE4 (OC3B/INT4)	Digital pin 2 (PWM)
7	PE5 (OC3C/INT5)	Digital pin 3 (PWM)
8	PE6 (T3/INT6)	
9	PE7 (CLKO/ICP3/INT7)	
10	VCC	VCC
11	GND	GND
12	PH0 (RXD2)	Digital pin 17 (RX2)
13	PH1 (TXD2)	Digital pin 16 (TX2)
14	PH2 (XCK2)	
15	PH3 (OC4A)	Digital pin 6 (PWM)
16	PH4 (OC4B)	Digital pin 7 (PWM)
17	PH5 (OC4C)	Digital pin 8 (PWM)
18	PH6 (OC2B)	Digital pin 9 (PWM)
19	PB0 (SS/PCINT0)	Digital pin 53 (SS)
20	PB1 (SCK/PCINT1)	Digital pin 52 (SCK)
21	PB2 (MOSI/PCINT2)	Digital pin 51 (MOSI)
22	PB3 (MISO/PCINT3)	Digital pin 50 (MISO)
23	PB4 (OC2A/PCINT4)	Digital pin 10 (PWM)
24	PB5 (OC1A/PCINT5)	Digital pin 11 (PWM)
25	PB6 (OC1B/PCINT6)	Digital pin 12 (PWM)
26	PB7 (OC0A/OC1C/PCINT7)	Digital pin 13 (PWM)
27	PH7 (T4 )	
28	PG3 (TOSC2)	
29	PG4 (TOSC1)	
30	RESET	RESET
31	VCC	VCC
32	GND	GND
33	XTAL2	XTAL2
34	XTAL1	XTAL1
35	PL0 (ICP4)	Digital pin 49

36	PL1 (ICP5)	Digital pin 48
37	PL2 (T5 )	Digital pin 47
38	PL3 (OC5A)	Digital pin 46 (PWM)
39	PL4 (OC5B)	Digital pin 45 (PWM)
40	PL5 (OC5C)	Digital pin 44 (PWM)
41	PL6	Digital pin 43
42	PL7	Digital pin 42
43	PD0 (SCL/INT0)	Digital pin 21 (SCL)
44	PD1 (SDA/INT1)	Digital pin 20 (SDA)
45	PD2 (RXDI/INT2)	Digital pin 19 (RX1)
46	PD3 (TXD1/INT3)	Digital pin 18 (TX1)
47	PD4 (ICP1)	
48	PD5 (XCK1)	
49	PD6 (T1)	
50	PD7 (T0)	Digital pin 38
51	PG0 (WR)	Digital pin 41
52	PG1 (RD)	Digital pin 40
53	PC0 (A8)	Digital pin 37
54	PC1 (A9)	Digital pin 36
55	PC2 (A10)	Digital pin 35
56	PC3 (A11)	Digital pin 34
57	PC4 (A12)	Digital pin 33
58	PC5 (A13)	Digital pin 32
59	PC6 (A14)	Digital pin 31
60	PC7 (A15)	Digital pin 30
61	VCC	VCC
62	GND	GND
63	PJ0 (RXD3/PCINT9)	Digital pin 15 (RX3)
64	PJ1 (TXD3/PCINT10)	Digital pin 14 (TX3)
65	PJ2 (XCK3/PCINT11)	
66	PJ3 (PCINT12)	
67	PJ4 (PCINT13)	
68	PJ5 (PCINT14)	
69	PJ6 (PCINT 15)	
70	PG2 (ALE)	Digital pin 39
71	PA7 (AD7)	Digital pin 29
72	PA6 (AD6)	Digital pin 28

73	PA5 (AD5)	Digital pin 27
74	PA4 (AD4)	Digital pin 26
75	PA3 (AD3)	Digital pin 25
76	PA2 (AD2)	Digital pin 24
77	PA1 (AD1)	Digital pin 23
78	PA0 (AD0)	Digital pin 22
79	PJ7	
80	VCC	VCC
81	GND	GND
82	PK7 (ADC15/PCINT23)	Analog pin 15
83	PK6 (ADC14/PCINT22)	Analog pin 14
84	PK5 (ADC13/PCINT21)	Analog pin 13
85	PK4 (ADC12/PCINT20)	Analog pin 12
86	PK3 (ADC11/PCINT19)	Analog pin 11
87	PK2 (ADC10/PCINT18)	Analog pin 10
88	PK1 (ADC9/PCINT17)	Analog pin 9
89	PK0 (ADC8/PCINT16)	Analog pin 8
90	PF7 (ADC7)	Analog pin 7
91	PF6 (ADC6)	Analog pin 6
92	PF5 (ADC5/TMS)	Analog pin 5
93	PF4 (ADC4/TMK)	Analog pin 4
94	PF3 (ADC3)	Analog pin 3
95	PF2 (ADC2)	Analog pin 2
96	PF1 (ADC1)	Analog pin 1
97	PF0 (ADC0)	Analog pin 0
98	AREF	Analog Reference
99	GND	GND
100	AVCC	VCC

Sumber: <http://www.hendriono.com>

### 2.1.13.2. Spesifikasi Arduino Mega2650

Dibawah ini spesifikasi sederhana dari Arduino Mega2560 dapat dilihat pada tabel 2.4.

**Tabel 2.4. Spesifikasi Arduino Mega2560**

Mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan Operasi	5V
Input Voltage (disarankan)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Pin Digital I/O	54 (yang 15 pin digunakan sebagai output PWM)
Pins Input Analog	16
Arus DC per pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
Flash Memory	256 KB (8 KB digunakan untuk bootloader)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

Sumber: <http://www.hendriono.com>

### 2.1.13.3. Fungsi Arduino

Sebagaimana yang sudah diketahui dengan mikrokontroler dapat membuat program untuk mengendalikan berbagai komponen elektronika. Program yang dibuat dengan bahasa pemrograman kemudian di-*download* menuju mikrokontroler, yang kemudian mikrokontroler akan bekerja sesuai dengan program yang diinginkan.

Dan dengan Arduino itu sendiri lebih memudahkan penggunaannya untuk membuat berbagai hal yang berkaitan dengan mikrokontroler, karena di dalamnya sudah tersedia yang dibutuhkan oleh mikrokontroler.

Contohnya yang dapat dibuat dengan Arduino antara lain, untuk membuat robot, mengontrol motor stepper, pengatur cahaya, pengatur suhu, mesin *gate turnstile*, *display* LCD, dan masih banyak lagi contoh yang lainnya.

#### 2.1.13.4. Kelebihan Arduino

1. Tidak perlu perangkat *chip* programmer karena di dalamnya sudah ada *bootloader* yang akan menangani *upload* program dari komputer.
2. Sudah memiliki sarana komunikasi *USB*, sehingga pengguna Laptop yang tidak memiliki *port serial/RS323* bisa menggunakannya.
3. Bahasa pemrograman relatif mudah karena *software Arduino* dilengkapi dengan kumpulan *library* yang cukup lengkap.
4. Memiliki modul siap pakai (*shield*) yang bisa ditancapkan pada *board Arduino*. Misalnya *shield GPS, Ethernet, SD Card*, dll. .
5. Didukung oleh *Arduino IDE*, bahasa pemrograman yang sudah cukup lengkap *library*nya.
6. Terdapat modul yang siap pakai/*shield* yang bisa langsung dipasang pada *board Arduino*.
7. Dukungan dokumentasi yang bagus dan komunitas yang solid

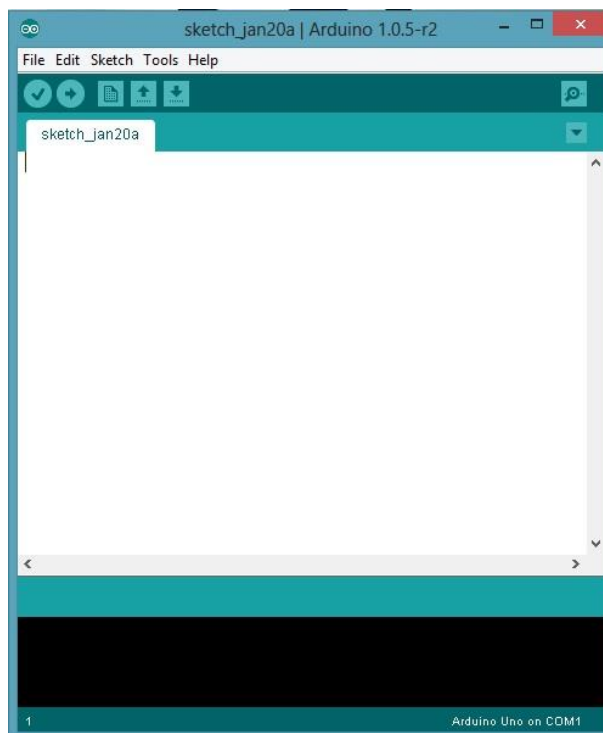
#### 2.1.13.5. Pemrograman Arduino

Seperti yang sudah diutarakan sebelumnya, salah satu kelebihan dari Arduino ini adalah didukung oleh *software Arduino IDE (Integrated Development Enviroment)* untuk melakukan penulisan pemrograman. Bahasa pemrogramannya pun berdasarkan bahasa C yang mudah untuk dipelajari dan sudah didukung oleh *library* yang lengkap.



### 2.1.13.6. Menjalankan Arduino IDE

Cara menjalankan Arduino IDE adalah dengan mengklik icon atau aplikasi program arduino itu sendiri. Beberapa saat kemudian akan muncul tampilan seperti terlihat di gambar 2.23. Melalui aplikasi tersebut, *user* atau programmer bisa menuliskan program dan bekerja dengan Arduino.<sup>13</sup>



**Gambar 2.23. Tampilan Arduino IDE**

## 2.2. Kerangka Berpikir

Penelitian *Prototype* Lemari Pengering Rumput Laut Berbasis *Arduino* ini didasari pada penggunaan *arduino* sebagai alat pengendali yang handal, praktis, aman, dan mudah digunakan. *Prototype* ini menggunakan bentuk menyerupai lemari yang berfungsi untuk menghemat penggunaan lahan, mengefisiensikan

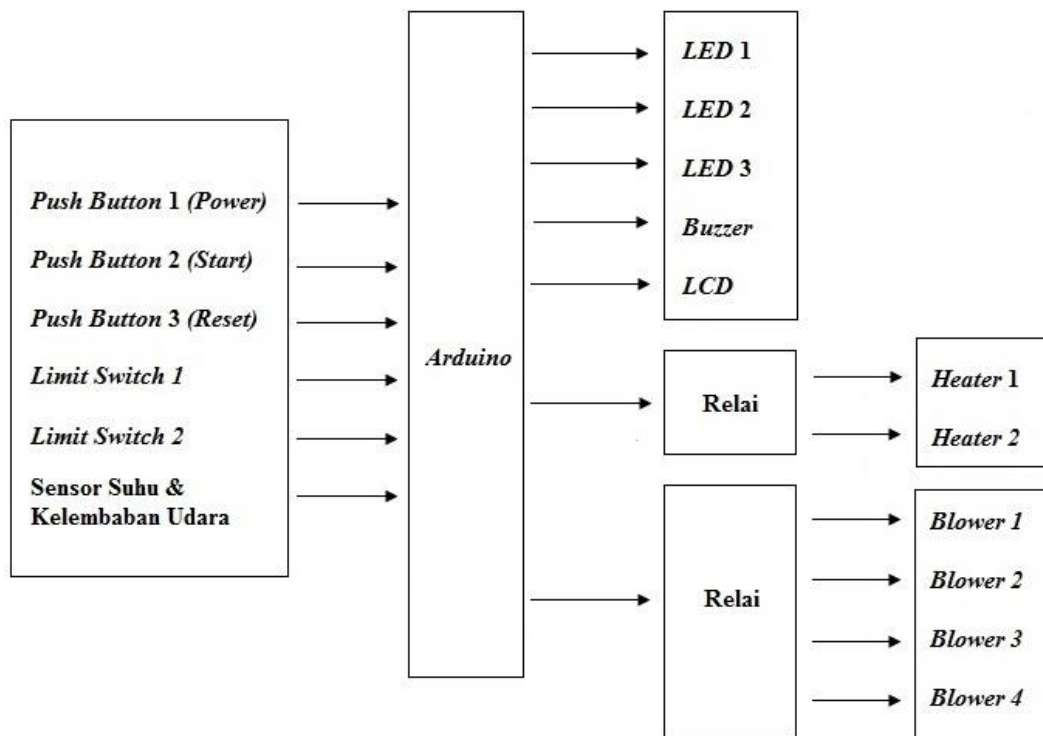
---

<sup>13</sup> Kadir, Abdul. 2013. Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya menggunakan Arduino. Penerbit Andi. Hlm 24.

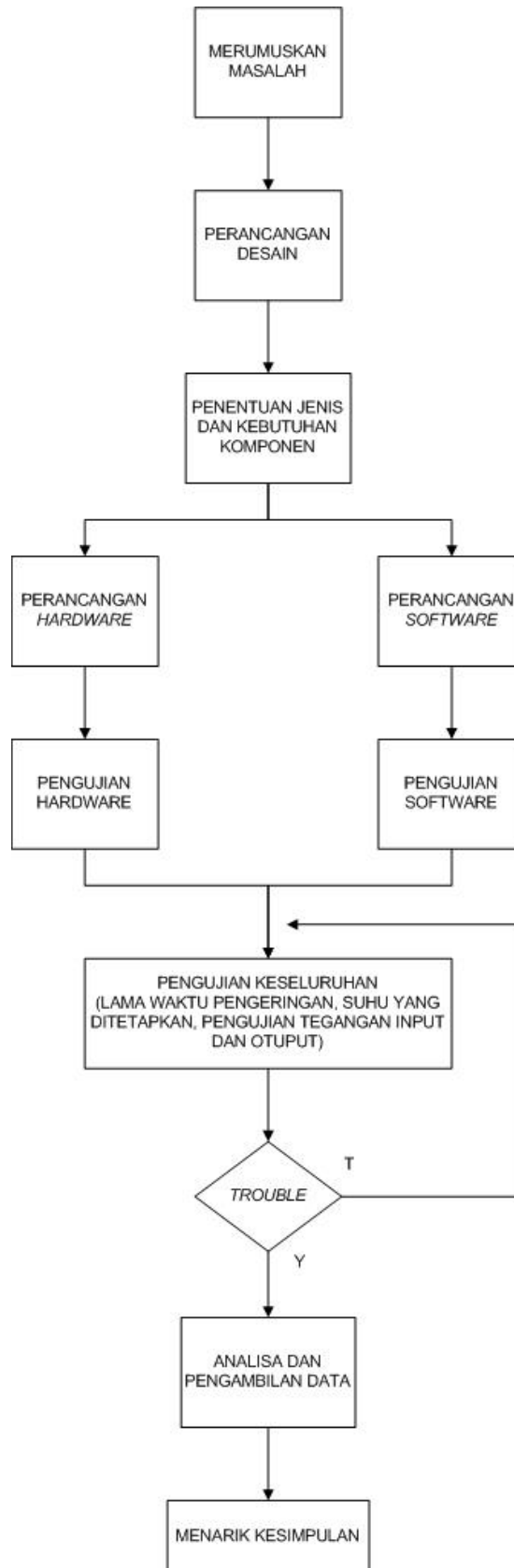
waktu pengeringan rumput laut yang tidak bergantung pada keadaan cuaca dan dapat meningkatkan mutu serta hasil produksi rumput laut kering yang memenuhi standar industri, lemari pengering ini juga memiliki 2 laci atau penadah 2 tingkat untuk meletakkan rumput laut itu sendiri ke dalam lemari, di mana input yang digunakan ada 6 yaitu, *Push Button 1* (tombol *power* atau *standby*), *Push Button 2* (tombol *start* atau mulai) *Push Button 3* (tombol *reset* atau stop) kemudian terdapat 2 *Limit switch* yaitu *Limit Switch 1*, *Limit Switch 2*, dan sensor suhu dan kelembaban udara (SHT11). *Push Button 1* berfungsi untuk menyalakan alat dalam keadaan *standby*, *Push Button 2* berfungsi untuk menjalankan atau memulai proses pengeringan pada lemari pengering dan tombol reset untuk mematikan lemari pengering jika dalam keadaan darurat. Kemudian terdapat 7 *output* berupa 3 lampu indikator, *buzzer*, *heater*, *blower*, dan LCD.

Contohnya, untuk mengeringkan rumput laut basah di lemari pengering ini terlebih dahulu operator menekan *Push Button 1* agar lemari pengering menyala dalam mode *Standby* ditandai dengan LCD menyala. kemudian operator mengambil masing-masing wadah atau penadah di dalam lemari dan meletakkan rumput laut yang telah ditakar ke dalam masing-masing wadah atau penadah yang tersedia, setelah rumput laut dimasukkan ke dalam masing-masing wadah atau penadah tersebut selanjutnya wadah atau penadah dimasukkan kembali kedalam lemari pengering maka kedua *Limit Switch* akan bekerja dan mendeteksi adanya nampan berisi rumput laut yang kemudian memicu lampu indikator 1 menyala sebagai tanda bahwa rumput laut sudah berada di dalam lemari dan mengizinkan bahwa proses pengeringan sudah

dalam mode siap untuk dijalankan, Operator selanjutnya memilih untuk menekan *Push Button 2* proses pengeringan ditandai dengan lampu indikator 2 menyala. *Push Button 2* berfungsi untuk menjalankan proses pengeringan secara keseluruhan di mana hal tersebut akan menyalakan 2 *heater* atau pemanas, sensor suhu dan kelembaban udara, menjalankan 4 kipas/*blower* di dalam lemari untuk menghasilkan sirkulasi udara yang merata, dan dalam rentan waktu pengeringan tersebut jika suhu melebihi batas maksimal yang telah ditentukan tersebut (batas maksimal yang ditentukan  $\geq 55^{\circ}$ ) maka sensor suhu akan memerintahkan *heater* atau pemanas untuk berhenti bekerja atau *off* hingga suhu dalam lemari pengering mencapai batas minimum (batas minimum di sini  $\leq 40^{\circ}$ ) maka sensor suhu akan memerintahkan kembali *heater* untuk bekerja atau *on*. Jika kadar air atau kelembaban udara di dalam lemari mencapai titik yang telah ditentukan maka proses pengeringan telah selesai ditandai dengan lampu indikator 3 menyala dan *buzzer* akan bekerja atau mengeluarkan suara, selanjutnya lemari pengering sudah bisa dibuka dan hasil rumput laut kering sudah bisa untuk dikeluarkan. Kegunaan tombol *stop* atau *push button 3* itu sendiri adalah untuk menghentikan proses pengeringan jika dalam keadaan darurat. Kemudian langkah terakhir matikan lemari pengering jika sudah tidak digunakan lagi dengan menekan tombol *Push Button 1*. Pengendalian otomatis yang digunakan adalah Arduino Mega2560. Blok diagram sistem kerja alat dapat dilihat pada gambar 2.24. berikut



**Gambar 2.24. Blok Diagram Sistem Kerja Alat**



**Gambar 2.25. Diagram Alur Langkah/ Tahapan Penelitian**