

PREDIKSI LAJU RESPIRASI TERONG DENGAN PERSAMAAN ARRHENIUS

Maya Sari¹⁾ Juliana Simbolon²⁾

¹⁾Politeknik Pembangunan Pertanian, Jl. Binjai km 10, Medan

²⁾ Universitas Quality, Jl. Ngumban Surbakti No.18, Kota Medan

Email: maya.sariugm@gmail.com

Abstrak

Sumatera Utara merupakan penghasil terong terbesar ketiga, oleh karena itu penanganan pascapanen terong perlu dilakukan precooling untuk menjaga kualitas fisik terong mulai dari usahatani hingga ke konsumen. Suhu merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi laju respirasi dan perubahan kualitas fisik terong. Pra-pendinginan dan penyimpanan dingin diterapkan. Memprediksi laju respirasi berdasarkan Persamaan Arrhenius. Hasil penelitian menunjukkan energi aktivasi skor tinggi adalah precooling 10 menit, precooling 20 menit, dan skor terendah non precooling. Kombinasi terbaik perawatan terong adalah precooling dan kemudian penyimpanan dingin.

Kata kunci: terong, respirasi, arrhenius.

Abstract

North Sumatera is the third largest producer of eggplant, therefore, postharvest handling of eggplants needs to be done, precooling, to maintain physic quality of eggplant from farming to consumer. Temperature is the one of main factor to effect respiration rate and change in physical quality of eggplants. Precooling and cold storage is applied. Predicting of respiration rate based on Arrhenius Equation. Result research showed that high score activation energy is precooling 10 minute, precooling 20 minute, and the lower score is non precooling. The best combination of treatments eggplant is precooling and then cold storage.

Keyword: eggplant, respiration, Arrhenius

Pendahuluan

Terong atau terung (*Solanum melongena* L.) merupakan sayuran penting khususnya di negara-negara Asia dengan

produksi lebih dari 86% total produksi dunia (Rubatzky dan Yamaguchi, 1997). Adapaun jumlah produksi tanaman sayuran terong berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2018 dapat dilihat dalam tabel berikut:

Tabel 1. Produksi Tanaman Sayuran Tahun 2018 di Indonesia (BPS, 2018)

Provinsi	Produksi Tanaman Terong (Ton)
Aceh	8.617
Sumatera Utara	69.764
Sumatera Barat	73.417
Riau	14.155
Jambi	10.832
Sumatera Selatan	16.093
Bengkulu	48.715
Lampung	19.505
Kep. Bangka Belitung	3.528
Kep. Riau	2.166
DKI Jakarta	-
Jawa Barat	92.591
Jawa Tengah	36.257
DI Yogyakarta	1.814
Jawa Timur	66.217
Banten	6.000
Bali	1.340
Nusa Tenggara Barat	6.043
Nusa Tenggara Timur	8.285

Kalimantan Barat	3.636
Kalimantan Tengah	4.075
Kalimantan Selatan	7.030
Kalimantan Timur	10.473
Kalimantan Utara	3.712
Sulawesi Utara	6.681
Sulawesi Tengah	4.789
Sulawesi Selatan	9.338
Sulawesi Tenggara	3.871
Gorontalo	277
Sulawesi Barat	1.209
Maluku	4.970
Maluku Utara	454
Papua Barat	807
Papua	4.837

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa Jawa Barat menduduki urutan pertama sebagai produsen terong terbesar di Indonesia dan Sumatera Utara berada di urutan ketiga dengan jumlah produksi 69.764 ton. Konsumsi terong sebagai bahan makanan sebesar 527.000 ton di tahun 2018. Penyajian terong oleh masyarakat pun beragam seperti direbus, digoreng, dipanggang dan dipepes.

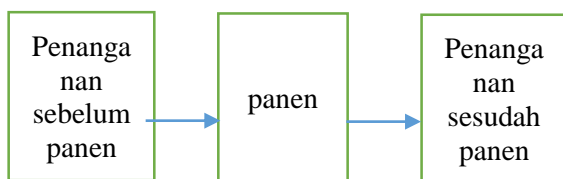
Untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, maka produksi terong mulai dari budidaya, panen, pascapanen sampai di meja konsumen harus diperhatikan. Saat ini kerusakan atau kehilangan produk pascapanen menjadi pusat perhatian dunia. Besar kisaran kehilangan pascapanen mencapai 10-30% (Soesanto, 2006). Oleh karena itu, perlakuan pascapanen perlu dilakukan. Kehilangan pascapanen, baik secara kualitatif maupun kuantitatif, terutama disebabkan oleh agensi hayati seperti jamur dan bakteri patogen. Beberapa produk pascapanen yang mudah rusak dapat diminimalisir kehilangan

pascapanennya dengan beberapa cara seperti pengeringan, pendinginan, atau pengalengan. Buah dan sayur memiliki umur yang relatif pendek, oleh karena itu perlu dilakukan penanganan pascapanen dengan cepat dan tepat, tidak hanya itu, perlakuan pascapanen juga memerlukan biaya tambahan sehingga akan mempengaruhi nilai jual terong.

Proses pengangkutan buah sayuran dari pengumpul sampai ke pasar/konsumen juga bisa mempengaruhi kualitas produk itu sendiri, sehingga selama di perjalanan perlu diperhatikan kondisi penyimpanan produk agar tidak terkena benturan yang akhirnya bisa membuat produk itu lembek/bonyok.

Umumnya sesudah panen produk-produk hasil pertanian memerlukan beberapa penanganan khusus dengan tujuan:

- a. untuk mempermudah proses selanjutnya;
- b. memperpanjang umur simpan;
- c. memenuhi selera konsumen atau standar perdagangan



Terkadang terong sering disebut sebagai sayuran karena kerap kali disajikan sebagai lalapan. Meski begitu, terong tergolong ke dalam jenis buah karena berasal dari tanaman berbunga. Terong dapat tumbuh dengan baik pada kondisi tropika dan beriklim sedang dimana memiliki cuaca panas cukup panjang selama masa pertumbuhan tanaman. Daripada tomat dan cabai, terong lebih peka terhadap suhu rendah. Adapun suhu siang yang sesuai yaitu 22°C dan 30°C dengan suhu malam paling baik antara 18°C dan 24°C (Rubatzky dan Yamaguchi, 1997). Umur tanaman terong

dapat dipanen berkisar 3-4 bulan setelah benih berkecambah. Untuk mutu yang dapat dimakan terbaik, buah dikonsumsi ketika belum matang dan sebelum biji membesar. Matang pasar atau yang dapat dimakan dari beberapa tipe terong dapat ditentukan berdasarkan pencetan ibu jari pada sisi buah. Apabila bekas pencetan buah segera pulih kembali maka buah belum matang. Hilangnya permukaan yang mengkilat merupakan tanda kematangan buah.

Buah-buahan dapat dikelompokkan berdasarkan laju pernafasan saat pertumbuhan hingga memasuki fase kelayuan (*senescence*)

menjadi 2 kelompok yaitu klimaterik dan non klimaterik. Pada buah klimaterik terjadi kenaikan respirasi dan kenaikan kadar etilen selama proses pematangan, sedangkan buah non klimaterik adalah buah yang tidak mengalami lonjakan respirasi maupun etilen setelah di panen. Oleh karena itu terong termasuk kedalam kelompok buah non klimaterik. Artinya proses pematangan terong tidak berkaitan dengan kenaikan respirasi dan kadar etilen.

Proses kehidupan buah dan sayuran ketika setelah panen masih berlanjut. Kegiatan pascapanen baik selama pengangkutan, dan penyimpanan bisa mengakibatkan kerusakan atau kehilangan pascapanen. Hal ini dikarenakan buah dan sayuran mengandung 65% air dan akan melakukan proses respirasi.

Ada beberapa jenis kerusakan pada buah dan sayuran, yaitu

1. Kerusakan fisiologis

Kerusakan yang disebabkan oleh reaksi – reaksi metabolisme dalam bahan atau oleh enzim – enzim yang terdapat didalamnya secara alamiah sehingga terjadi proses autolysis yang berakhir dengan kerusakan dan pembusukan.

2. Kerusakan Mekanis

Kerusakan yang disebabkan karena adanya benturan-benturan mekanis selama pasca panen, pengemasan, pengangkutan (tertindih atau tertekan) dan penyimpanan. Tanda-tanda kerusakan mekanis adanya memar, tersobek, atau terpotong pada permukaan kulit dan jaringan akibat benturan mekanis sehingga dapat memicu kerusakan lebih lanjut akibat tumbuhnya mikroorganisme.

3. Kerusakan Mikrobiologis

Penyebab kerusakan mikrobiologis adalah bermacam-macam mikroba seperti kapang, khamir dan bakteri. Kerusakan mikrobiologi merupakan bentuk kerusakan yang banyak merugikan hasil pertanian dan berbahaya terhadap kesehatan manusia karena racun yang diproduksinya dikonsumsi oleh manusia.

4. Kerusakan fisik

Kerusakan yang disebabkan oleh perlakuan fisik yang digunakan. Tanda-tanda kerusakan yang disebabkan perlakuan fisik contohnya “case hardening” pengerasan lapisan kulit luar; kulit kering pada makanan beku dan “gosong” pada makanan yang digoreng pada suhu tinggi.

5. Kerusakan Kimia

Kerusakan yang disebabkan perlakuan kimia yang dipengaruhi suhu selama reaksi berlangsung; adanya oksigen yang mempercepat proses oksidasi; reaksi biologis seperti enzimatik; pH yang mempengaruhi denaturasi protein atau perubahan warna.

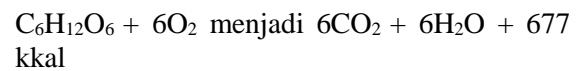
6. Kerusakan Biologis

Kerusakan yang disebabkan oleh serangga dan binatang pengerat dan hewan lain seperti tikus, anjing dan lain-lain. Adapun penyebab

kerusakan dipengaruhi oleh beberapa factor sebagai berikut:

- a. Pertumbuhan dan aktifitas mikroba
- b. Aktifitas enzim dalam bahan
- c. Serangan serangga
- d. Suhu pemanasan dan pendinginan
- e. Kadar air
- f. Udara dan oksigen
- g. Sinar
- h. Waktu

Selama penyimpanan produk pertanian masih hidup dan melakukan aktifitas respirasi dengan mengikuti persamaan reaksi sebagai berikut:



Dimana terjadi proses penguraian zat pati atau gula dengan mengambil oksigen dan menghasilkan karbondioksida, air serta energy yang dikeluarkan). Laju respirasi tergantung pada konsentrasi CO_2 dan O_2 yang ada dalam udara (Pantastico, 1986). Ada 3 (tiga) tipe pola respirasi yang mengenai hubungan antara pematangan dengan arus produksi CO_2 oleh buah dan sayuran, yaitu:

- a. Tipe “menurun dengan lambat” (*gradually decrease type*) dimana kecepatan respirasi menurun secara perlahan selama proses pematangan.
- b. Tipe “meningkat sementara” (*late peak type*) dimana laju respirasinya meningkat sementara saja dan kematangan penuh dicapai setelah puncak respirasi.
- c. Tipe “puncak kasip” (*temporary rise type*) dimana laju respirasi maksimumnya terdapat setelah matang penuh hingga keranuman.

Produk pascapanen yang baru dipanen mempunyai kandungan air berkisar 65-95%. Selama produk tersebut masih di lahan atau belum dipanen, kandungan air produk selalu seimbang antara air yang lepas dalam bentuk uap air karena penguapan dan air yang masuk. Kehilangan air pada produk pascapanen merupakan hal yang serius apabila tidak segera diatasi karena dapat menyebabkan produk berubah bentuk dan ukuran seperti mengerut dan layu. Oleh sebab itu, laju kehilangan air dari produk pascapanen harus ditekan serendah mungkin. Kehilangan air produk pascapanen yang berada di dalam ruang simpan, dapat dipengaruhi oleh beberapa hal seperti kelembaban udara ruang simpan, pergerakan udara di dalam ruang simpan dan macam produk yang disimpan.

Untuk menghindari atau memperkecil kerusakan pada terong setelah panen maka perlu dilakukan perlakuan pascapanen dengan tujuan sebagai berikut:

1. Upaya untuk mempertahankan kesegaran terong saat di petik;

2. Upaya untuk menjaga warna, bentuk dan rasanya;
 3. Upaya untuk mendapatkan hasil panen yang memenuhi standar perdagangan;
 4. Upaya untuk mempersiapkan produk apabila akan diolah lebih lanjut;
 5. Upaya untuk meningkatkan daya guna atau manfaat, dan hasil limbahnya;
 6. Upaya untuk menghindari produk dari kerusakan; dan
 7. Upaya untuk memperpanjang umur simpan terong.
- (Hadiwiyoto dan Suhardi, 1981)

Penyimpanan produk pascapanen dapat mengakibatkan kerusakan apabila tidak disimpan dalam ruang pendingin. Penyimpanan produk pada ruang terkendali umumnya dilakukan untuk produk dalam jumlah besar mengingat memerlukan biaya tambahan sedangkan untuk jumlah kecil biasanya dilakukan dengan cara tradisional. Suhu selama proses penyimpanan juga menjadi bagian yang perlu diperhatikan karena peningkatan suhu di ruang simpan akan menyebabkan peningkatan laju penguraian alami selama produk. Selain itu suhu yang tinggi akan mempercepat proses respirasi produk dan menyebabkan makin cepatnya kehilangan kandungan air dan energy. Perlambatan laju penguraian tersebut dapat dilakukan dengan menyimpan produk dalam kondisi suhu dingin (FAO, 1989).

Pada proses respirasi terjadi suatu reaksi kimia, dimana glukosa dan oksigen akan dipecah menjadi karbondioksida, air dan energi. Untuk memperlambat proses pemecahan ini, maka diperlukan energi aktivasi yang cukup besar sehingga bisa menghambat laju respirasi yang akan terjadi. Laju reaksi adalah besarnya jumlah pereaksi dan hasil reaksi per satuan waktu. Sedangkan energi aktivasi adalah energi yang terjadi sebagai akibat adanya tumbukan antar molekul didalam tumbukan atau getaran. Energi aktivasi juga

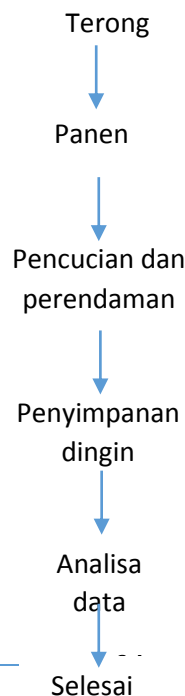
dapat didefinisikan sebagai energi minimum yang diperlukan untuk memulai suatu reaksi. Energi aktivasi biasanya dilambangkan dengan E_a .

Suatu reaksi kimia dapat berlangsung apabila terjadi tumbukan antar molekul-molekul didalamnya. Reaksi kimia dapat dipercepat dengan cara menurunkan nilai energi aktivasi. Sebaliknya untuk memperlambat laju reaksi, maka energi aktivasi harus diperbesar dengan cara menurunkan suhu reaksi. Hal ini berarti semakin rendah suhu reaksi maka laju reaksi yang terjadi akan semakin lambat. Metode ini dapat diterapkan untuk mengawetkan makanan, dengan cara menyimpan makanan pada suhu rendah.

Persamaan Arrhenius ini digunakan untuk pendugaan umur simpan suatu produk pertanian. Jika diperoleh nilai E_a , faktor frekuensi laju reaksi (A) dan suhu penyimpanan dijaga tetap dari waktu ke waktu (Syarief dan Halid, 1991), maka laju respirasi (R) dapat diprediksi.

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan yaitu terong ungu dengan ukuran yang homogen dan air es. Alat yang digunakan yaitu thermometer, CO_2 meter, O_2 meter, ember, lemari pendingin, plastik pembungkus. Terong yang telah dipanen segera dicuci bersih dengan air mengalir dan selanjutnya di rendam dengan air dingin bersuhu $5^\circ C$, sebisa mungkin suhu air dipertahankan. Perendaman air es atau biasa disebut dengan *hydrocooling* dilakukan selama 10 menit, 20 menit. Setelah itu, dilakukan proses penyimpanan selama 10 hari di lemari pendingin dengan variasi suhu. Sebagai control, juga di teliti terong yang tidak dikenakan *hydrocooling* dan penyimpanan dingin. Alur penelitian :



HASIL DAN PEMBAHASAN

Saat respirasi terjadi penurunan konsentrasi oksigen dan penambahan konsentrasi karbondioksida. Setelah diperoleh nilai oksigen yang dikonsumsi dengan produksi karbondioksida, maka nilai RQ dapat dihitung Tabel 2. Nilai RQ

Hari	Precooling 10 menit			Precooling 20 menit			Non Precooling		
	T 7°C	T 15°C	Truang	T 7°C	T 15°C	Truang	T 7°C	T 15°C	Truang
0									
1	0.2149	0.0168	0.2539	1.0404	0.0858	0.3355	0.1563	0.0438	0.2673
2	0.0574	0.0690	0.3756	0.3502	0.0727	0.3691	0.2058	0.1167	1.5453
3	0.0487	0.1448	0.4313	0.1669	0.2039	0.3381	0.0486	0.2048	1.0907
4	0.0347	0.2014	0.5846	0.2850	0.2919	0.5543	0.0379	0.0865	1.0428
5	0.0543	0.0792	0.5544	0.6187	0.0863	0.7748	0.1051	0.2612	0.3188
6	0.0310	0.1136	0.4833	0.2366	0.0604	0.6375	0.0206	0.2128	0.9987
7	0.0746	0.0994	0.9391	0.4296	0.1180	0.8245	0.0421	0.0895	0.8553
8	0.0937	0.2639	0.5199	0.2886	0.0520	0.6065	0.0201	0.0457	0.3110
9	0.0418	0.2456	1.0444	1.0126	0.1741	0.2049	0.0514	0.1465	1.1159
10	0.1538	0.2105	0.6847	1.2091	0.2179	0.9433	0.0387	0.3433	1.1623

untuk mengetahui jenis substrat yang digunakan dalam proses respirasi.

Kuosen respirasi (RQ) dihitung dengan membandingkan besar karbondioksida yang diproduksi dengan oksigen yang dikonsumsi saat respirasi terjadi.

Bila harga RQ sama dengan satu maka sifat substrat yang digunakan adalah gula, jika harga RQ kurang dari satu maka substratnya adalah lemak, dan jika RQ lebih besar satu substratnya berupa asam-asam organik. Dari tabel harga RQ diatas, dapat dilihat bahwa harga RQ kurang dari satu, maka substrat yang digunakan untuk proses respirasi adalah lemak. Menurut Chakraverty (2003), hal ini memiliki beberapa kemungkinan yaitu:

a. Substratnya mempunyai perbandingan oksigen terhadap karbon yang lebih kecil daripada heksosa.

b. Oksidasi belum tuntas, misalnya terhenti pada pembentukan asam suksinat atau zat-zat antara lainnya,

c. Karbondioksida yang dikeluarkan digunakan dalam proses-proses sintesis, misalnya pembentukan asam oksaloasetat dan asam malat dari piruvat dan karbondioksida.

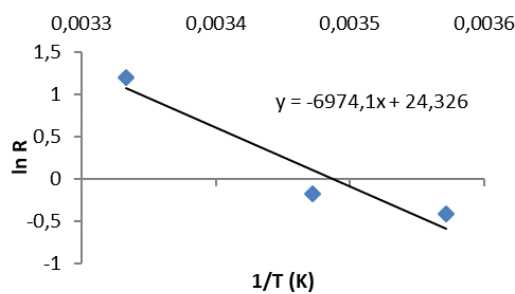
Salah satu faktor penting yang mempengaruhi laju respirasi adalah suhu. Jika terjadi peningkatan suhu maka laju respirasi juga akan semakin cepat. Untuk melihat pengaruh suhu terhadap laju respirasi, maka digunakan persamaan Arrhenius dengan mengikuti rumus sebagai berikut:

$$R = A \exp^{-\frac{E_a}{RT}}$$

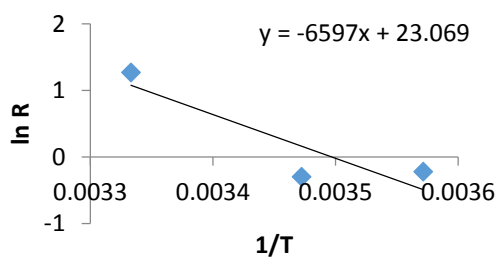
Kemudian persamaan tersebut diintegrasikan menjadi:

$$\ln R = \ln A - \frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T}\right)$$

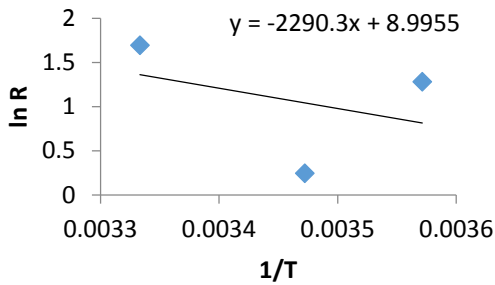
Selanjutnya dibuat hubungan laju reaksi (ln R) versus kebalikan suhu ($\frac{1}{T}$) dengan regresi linier.



(a)



(b)



(c)

Gambar 1. Grafik hubungan ln R versus 1/T dalam regresi linier untuk terong *precooling* 10 menit, 20 menit dan non *precooling*

Bentuk slope E_a/R yang diperoleh akan digunakan untuk mencari nilai energi aktivasi (E_a) dengan R merupakan tetapan gas ideal. Karena $\ln A$ merupakan intercept maka nilai A

dapat dicari dengan mengantilogkan $\ln A$. Setelah nilai E_a dan A diketahui, substitusi kedua nilai tersebut ke dalam model persamaan Arrhenius.

Tabel 3. Nilai E_a , A dan Model persamaan Arrhenius dengan variasi perlakuan

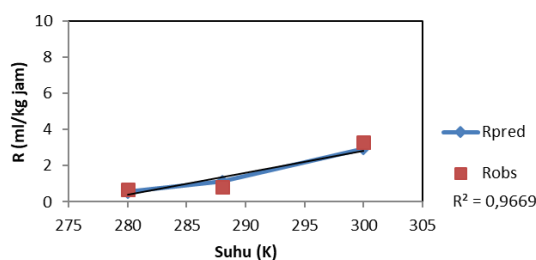
Perlakuan	E_a (kJ/kg mol)	A (1/s)	Model Persamaan Arrhenius
<i>Precooling</i> 10 menit	7985.952	6698E+10	$R = 3.6698 \times 10^{10} \exp$
<i>Precooling</i> 20 menit	4850.565	1.044E+10	$R = 1.044 \times 10^{10} \exp$
Non <i>precooling</i>	9042.63	8066.702	$R = 8066.702 \exp^{-1}$

Berdasarkan tabel diatas nilai E_a yang paling tinggi adalah pada terong yang diberi perlakuan *precooling* 10 menit. Nilai E_a tinggi mengindikasikan bahwa laju reaksi berjalan lambat, ini berarti pada terong yang diberi *precooling* 10 menit mengkonsumsi sedikit oksigen maka laju respirasi yang terjadi juga berjalan lambat. Sedangkan nilai E_a terendah dimiliki oleh terong non *precooling*. Pada E_a rendah reaksi kimia berlangsung cepat. Reaksi kimia yang terjadi pada proses respirasi yaitu dimana glukosa dan oksigen akan dipecah menjadi karbondioksida, air dan energi. Untuk memperlambat reaksi kimia ini diperlukan energi aktivasi yang cukup besar sehingga bisa menghambat laju respirasi. Oleh karena itu,

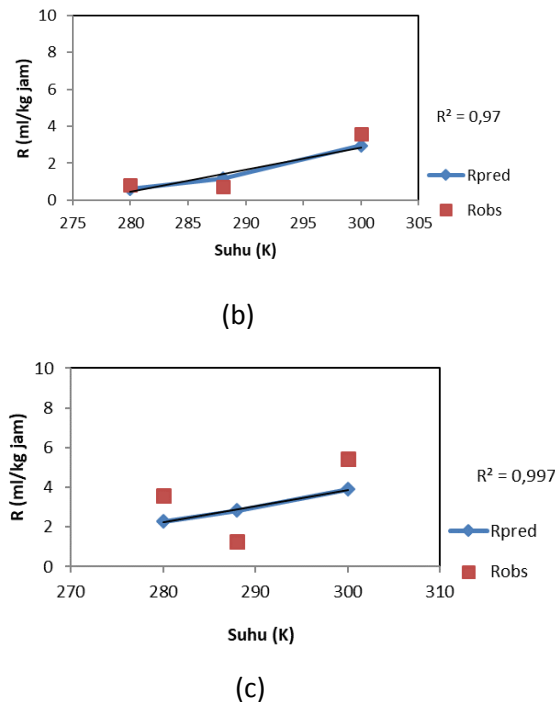
untuk memperlambat laju respirasi maka diperlukan energi aktivasi yang cukup besar.

Energi aktivasi terjadi karena adanya tumbukan antar molekul. Semakin banyak tumbukan yang terjadi maka semakin besar pula energi aktivasi yang dihasilkan. Frekuensi tumbukan dinotasikan oleh A . Jadi terong *precooling* 10 menit memiliki nilai energi aktivasi dan A yang paling tinggi, diikuti dengan terong *precooling* 20 menit, dan yang paling rendah adalah terong yang tidak mendapatkan perlakuan *precooling*.

Selanjutnya nilai E_a dan A digunakan untuk memprediksi respirasi yang terjadi lalu membandingkannya dengan respirasi hasil pengamatan. Untuk lebih jelas dapat dilihat grafik dibawah ini.



(a)



Gambar 2. Grafik perubahan laju respirasi prediksi dan observasi dari persamaan Arrhenius dengan perlakuan (a). *precooling* 10 menit, (b). *precooling* 20 menit dan (c) *non precooling* Hasil perbandingan respirasi prediksi dengan observasi memiliki nilai linieritas (R^2) mendekati satu.

KESIMPULAN

1. Lama waktu perlakuan *precooling* tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan apabila disimpan pada suhu 7°C dan 15°C, dan menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan apabila disimpan pada suhu ruang dan tanpa perlakuan *precooling*.
2. Perlakuan *precooling* tidak terlalu berpengaruh apabila disimpan pada suhu ruang.
3. Pengaruh suhu terhadap laju respirasi berdasarkan persamaan Arrhenius untuk *precooling* 10 menit adalah $R = 3.6698 \times 10^{10} \exp^{-\frac{57985.952}{RT}}$, untuk *precooling* 20 menit adalah $R = 1.044 \times 10^{10} \exp^{-\frac{54850.56}{RT}}$ dan untuk *non precooling* adalah $R = 8066.702 \exp^{-\frac{19042.63}{RT}}$.
4. Perlakuan *precooling* dilanjutkan penyimpanan dingin merupakan kombinasi perlakuan yang mampu memperlambat konsumsi O_2 dan produksi CO_2

DAFTAR PUSTAKA

BPS, 2018. (Online)
<https://www.bps.go.id/site/resultTab>
 diakses 13 Juli 2020

- Chakraverty, Amalendu dkk. 2003. *Handbook of postharvest technology*. Marcel Dekker. USA.
- FAO, 1989. "Prevention of Post-Harvest Food Losses: Fruits, Vegetables, and Root Crops". In: FAO Training Series, No. 17/2. FAO, Roma.
- Hadiwiyoto, S dan Soehardi. 1981. *Penanganan lepas panen 1*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Pantastico, Er. B., 1986. *Fisiologi Pascapanen, Penanganan, Pemanfaatan Buah-buahan dan Sayur-sayuran Tropika dan Subtropika*, terjemahan Kamariyani. Gadjah Mada University press. Yogyakarta.
- Rubatzky, V. E. dan Yamaguchi, M. 1997. *Sayuran Dunia, Prinsip, Produksi dan Gizi*, Jilid Ketiga. Penerbit ITB. Bandung.
- Soesanto, Loekas. 2006. *Penyakit Pascapanen Sebuah Pengantar*. Penerbit Kanisius.
- Syarief, R dan Halid, H. 1991. *Teknologi Penyimpanan Pangan*. Arcan. Jakarta.