



Analisis kandungan karbohidrat pada berbagai tingkat kematangan buah karika (*Carica pubescens*) di Kejajar dan Sembungan, Dataran Tinggi Dieng, Jawa Tengah

RAHAYU FITRININGRUM, SUGIYARTO[✉], ARI SUSILOWATI

Fitriningrum R, Sugiyarto, Susilowati A. 2013. Analysis of carbohydrate content of various maturity levels of Mountain Papaya (Carica pubescens) fruit from Kejajar and Sembungan Villages, Dieng Plateau, Central Java. Bioteknologi 10: 6-14. Mountain papayas (Carica pubescens Lenne & K. Koch) at Dieng Plateau, Central Java were distributed narrowly (+1400 m.asl until +2400 m.asl). Different altitude could determine the climatic environment factors as well as plant metabolism processes. The aim of this research was to compare the carbohydrates content on various maturity levels of mountain papaya fruit from Kejajar and Sembungan Village, Dieng Plateau. Samples of mountain papaya fruit on various maturity levels i.e: upper part, middle part and lower part, were taken from Kejajar Village (+1400 m.asl) and Sembungan Village (+2400 m.asl). Each sample was analyzed it's rough fibre part, reducing sugar and total of carbohydrate from it's seed salute and pericarp. The data was analyzed descriptive-comparatively. Result showed that there was tendency more mature of fruit, it's total carbohydrates content increased, except the total carbohydrate content of pericarp of mountain papaya fruit from Sembungan Village. More mature of mountain papaya fruit, it's rough fibre part decreased. Highest of reducing sugar was observed on middle fruit. The total carbohydrates content of mountain papaya from Kejajar Village were higher than from Sembungan Village.

♥ **Alamat korespondensi:**

Program Biosains,
Program Pascasarjana,
Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 53122
Tel. & Fax.: +62-271-663375
e-mail: sugiyarto_ys@yahoo.com

Manuskrip diterima: 12 April 2013.
Revisi disetujui: 20 Mei 2013.

Keywords: Dieng plateau, carbohydrates, mountain papaya, *C. pubescens*, fruit maturity levels

Fitriningrum R, Sugiyarto, Susilowati A.. 2013. Analisis kandungan karbohidrat pada berbagai tingkat kematangan buah karika (Carica pubescens) di Kejajar dan Sembungan, Dataran Tinggi Dieng, Jawa Tengah. Bioteknologi 10: 6-14. Gunung pepaya (Carica pubescens Lenne & K. Koch) di Dataran Tinggi Dieng, Jawa Tengah dibagikan sempit (1400 m.asl sampai 2400 m.asl). Ketinggian yang berbeda bisa menentukan faktor lingkungan iklim serta proses metabolisme tanaman. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan isi karbohidrat pada berbagai tingkat kematangan buah pepaya gunung dari Kejajar dan Sembungan Desa, Dieng Plateou. Sampel gunung buah pepaya pada berbagai tingkat kematangan yaitu : bagian atas, bagian tengah dan bagian bawah, diambil dari Desa Kejajar (1400 m.asl) dan Sembungan Desa (2400 m.asl). Setiap sampel dianalisis itu bagian serat kasar, mengurangi gula dan total karbohidrat dari biji itu salut dan pericarp. Data dianalisis deskriptif - komparatif. Hasil menunjukkan bahwa ada kecenderungan lebih matang buah, itu kadar total karbohidrat meningkat, kecuali kandungan karbohidrat total pericarp gunung buah pepaya dari Desa Sembungan. Lebih matang gunung buah pepaya, itu kasar serat bagian menurun. Tertinggi gula pereduksi diamati pada buah tengah. Total karbohidrat konten gunung pepaya dari Desa Kejajar lebih tinggi dibandingkan dari Desa Sembungan.

Kata kunci: Dieng plateau, karbohidrat, gunung pepaya, *C. pubescens*, tingkat kematangan buah

PENDAHULUAN

Kawasan Dieng merupakan dataran tinggi yang masuk wilayah Kabupaten Banjarnegara dan Kabupaten Wonosobo, Jawa Tengah. Ketinggian rata-rata sekitar 2000m dpl dengan suhu berkisar 15-20°C pada siang hari dan 10°C pada malam hari, bahkan pada saat musim kemarau dapat mencapai 0°C pada pagi hari yang dapat memunculkan embun beku.

Selain sebagai penghasil sayuran dengan komoditi utamanya kentang, di kawasan Dieng terdapat tumbuhan buah khas yang diduga di Indonesia hanya tumbuh subur di kawasan ini, yaitu Karika atau Pepaya Gunung (*Mountain paw-paw*). Menurut Hidayat (2000) karika dieng satu marga dengan pepaya (*Carica papaya*), dengan nama spesies *Carica pubescens*, Lenne & K.Koch dan sinonim dengan *Vasconcellea cestriflora* A. DC., *Vasconcellea cundinamarcensis* V. M.badillo, *Carica pubescens* (A. DC.) Solms-Laub., *Carica cestriflora* (A. DC.) Solms, *Carica candamarcensis* Hook. F., dan *Carica cundinamarcensis* Linden, nom.nud.

Buah *C. pubescens* memiliki beberapa perbedaan ciri dibanding dengan pepaya biasa (*Carica papaya*) yaitu buah beraroma khas, ukuran lebih kecil, daging buah lebih tipis dengan warna kuning sedikit jingga dan rasanya masam. Keunikan lain dari *C. pubescens* adalah bijinya terbungkus (bersalut) lapisan berlendir, berserat dan berair dengan aroma yang lebih kuat dibanding daging buahnya. Saat ini olahan buah *C. pubescens* dalam bentuk koktail dan manisan menjadi salah satu oleh-oleh khas daerah Wonosobo (Laily et al. 2011, 2012a, 2012b).

Dari Wonosobo menuju Dieng, tanaman *C. pubescens* mulai dapat dijumpai di daerah Kejajar (1400m dpl) kemudian ke atas yaitu daerah Pathak banteng (1900m dpl) dan sampai puncaknya di daerah Sembungan (2400m dpl), populasinya semakin padat (Laily et al. 2011).

Buah-buahan termasuk pepaya, disamping memasok mikro nutrisi berupa vitamin dan mineral, sedikit banyak juga memasok makro nutrisi utamanya karbohidrat. Karbohidrat sebagai hasil utama fotosintesis oleh tumbuhan hijau yang kelebihannya disimpan di tempat-tempat penyimpanan cadangan makanan termasuk buah, merupakan makro nutrisi penting karena sebagai sumber energi utama bagi sebagian besar makhluk di muka bumi.

Karbohidrat memiliki rumus umum $C_n(H_2O)_n$ atau $(CH_2O)_n$ dan masih dibagilagi ke dalam empat kelompok yaitu monosakarida,

disakarida, oligosakarida dan polisakarida. Monosakarida berasa manis, larut dalam air, dapat dikristalkan dan disebut dengan gula reduksi. Monosakarida yang banyak terdapat di dalam tumbuhan ialah glukosa dan fruktosa yang keduanya isomer satu dengan yang lain, sedang disakarida yang banyak terdapat di dalam tumbuhan ialah sukrosa, maltosa dan selobiosa (Dwidjoseputro 1992). Sukrosa yang terdiri dari glukosa dan fruktosa bukan termasuk gula reduksi.

Jenis karbohidrat lain yaitu oligosakarida dan polisakarida disusun oleh unit-unit monosakarida dan memiliki rumus umum yang berbeda. Amilum adalah polisakarida yang merupakan bentuk simpanan pada sel-sel tumbuhan termasuk buah, sedang selulosa atau serat kasar merupakan komponen struktural yang menyusun dinding sel tumbuhan. Anggota polisakarida lain yaitu pektin mempunyai peranan dalam proses pelunakan buah yang sudah matang.

Buah merupakan hasil perkembangan bakal buah (ovari) yang di dalamnya terdapat biji (Abidin 1991). Perkembangan bakal biji menjadi biji diikuti dengan perkembangan ovarium menjadi buah yang membungkus dan melindungi biji tersebut.

Secara umum buah mentah dikenal dengan karakteristik berwarna hijau, tekstur keras, rasa masam dan tidak berasa sama sekali seperti tepung yang tawar, aromanya sedikit atau tanpa aroma. Selama pematangan buah terjadi perubahan dalam berbagai segi antara lain perubahan struktur, tekstur, warna, rasa dan proses biokimia yang terjadi di dalamnya (Abidin 1991). Pelunakan karena adanya hidrolisis polisakarida pada dinding sel, termasuk juga terhidrolisisnya protopektin menjadi pektin yang larut sehingga daya rekat antar sel berkurang dan buah menjadi lunak (Eskin et al. 1971). Hidrolisis zat pati atau lemak pada buah menyebabkan buah menjadi lunak. Laju degradasi senyawa pektin secara langsung berhubungan dengan laju pelunakan buah.

Perubahan karbohidrat terjadi selama pemasakan buah. Pada buah muda, karbohidrat masih banyak dalam bentuk pati sehingga rasa buah tidak manis. Selama proses pematangan buah, melalui reaksi enzimatis, pati akan dipecah menjadi gula sederhana seperti glukosa, fruktosa dan sukrosa sehingga buah menjadi manis. Buah akan menjadi lebih manis setelah asam organik atau molekul pati diubah menjadi gula yang bisa

mencapai konsentrasi 20% pada buah matang (Campbell et al. 1999).

Cuaca adalah keadaan atau kelakuan atmosfer pada waktu tertentu yang sifatnya berubah-ubah dari waktu ke waktu, sedangkan iklim adalah rata-rata keadaan cuaca dalam jangka waktu yang cukup lama, minimal 30 tahun yang sifatnya tetap (Kartosapoetra 2004). Keragaman iklim antar wilayah di dunia dikendalikan oleh beberapa faktor alam, salah satunya adalah ketinggian tempat dari permukaan laut yang kemudian berpengaruh terhadap suhu. Menurut rumus Braak, makin tinggi suatu tempat dari permukaan laut maka suhu akan semakin rendah dengan rumus $t^{\circ} = (26,3-0,61 h)^{\circ}C$ (Steenis 1972).

Pengaruh iklim terhadap tanaman diawali oleh pengaruh langsung cuaca terutama radiasi dan suhu terhadap fotosintesis dan proses metabolisme lain di dalam sel organ tanaman. Fotosintesis dan respirasi merupakan awal proses hidup. Kedua proses tersebut berlangsung serentak, hanya saja fotosintesis berlangsung pada periode cahaya matahari siang hari atau perlakuan dengan lampu, sedang respirasi berlangsung terus-menerus.

Agar pertumbuhan berlangsung, neraca harus menghasilkan saldo positif di pihak fotosintesis. Fotosintesis dan respirasi dipengaruhi langsung oleh cuaca/iklim, yaitu radiasi surya dan suhu sebagai faktor utama (*main factors*) dan unsur-unsur lainnya sebagai pendukung (*cofactors*) (Lambers et al. 2008).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan karbohidrat pada berbagai tingkat kematangan buah *C. pubescens* yang ada di daerah Kejajar (1400m dpl) dan daerah Sembungan (2400m dpl), Dataran Tinggi Dieng, serta untuk mengetahui perbedaan kandungan karbohidrat pada berbagai tingkat kematangan buah *C. pubescens* antara yang ada di daerah Kejajar dengan yang ada di daerah Sembungan.

Diduga kandungan karbohidrat pada berbagai tingkat kematangan buah *C. pubescens* baik yang ada di Kejajar (1400m dpl) maupun di Sembungan (2400m dpl), Dataran Tinggi Dieng, mengalami perubahan dan diduga ada perbedaan kandungan karbohidrat pada berbagai tingkat kematangan antara buah *C. pubescens* yang ada di daerah Kejajar dengan yang ada di daerah Sembungan.

BAHAN DAN METODE

Data yang dikumpulkan adalah kandungan karbohidrat dan kandungan energi buah *C. pubescens* pada berbagai tingkat kematangan dari dua daerah ketinggian yang berbeda yang ada di kawasan Dieng. Pengumpulan data dimulai dari pengambilan sampel sampai dengan analisis di laboratorium dilakukan antara Maret s.d. Juni 2012. Pengamatan lapangan dilakukan di kawasan pegunungan Dieng, meliputi Desa Kejajar (1400m dpl) sebagai batas bawah dan Desa Sembungan (2400m dpl) sebagai batas atas. Analisis karbohidrat dan energi dilakukan di Laboratorium Pangan dan Gizi Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Sampel buah *C. pubescens* dipetik langsung dari tanaman *C. pubescens* yang tumbuh di daerah Kejajar dan Sembungan, Dataran Tinggi Dieng. Setiap daerah ketinggian diambil sampel 5 pohon, dan setiap pohon buahnya dipetik dari bagian atas, tengah dan bawah. Masing-masing bagian yang diambil buahnya mewakili tingkat kematangan yang berbeda yaitu semakin ke bawah semakin tua dan dianggap yang lebih tinggi tingkat kematangannya. Jadi jumlah sampel dari setiap bagian dari setiap ketinggian adalah 5 buah.

Setiap sampel buah dari bagian atas, tengah dan bawah dianalisis kandungan karbohidratnya. Bagian buah yang dianalisis meliputi daging buah dan salut bijinya. Hasil analisis dirata-rata mewakili masing-masing bagian untuk masing-masing daerah. Analisis dilakukan terhadap kandungan karbohidrat secara umum, kandungan gula reduksi dan kandungan serat kasar. Sebagai bahan perbandingan disertakan data energi.

Penentuan kandungan karbohidrat secara umum menggunakan metode analisis *By Different*, kandungan gula reduksi menggunakan metode analisis Nelson-Somogyi, sedangkan untuk kandungan serat kasar menggunakan metode analisis Hidrolisis Asam Kuat-Basa Kuat (Sudarmoyo 1993).

Hasil penentuan kandungan karbohidrat dalam daging buah dan salut biji buah *C. pubescens* bagian atas, tengah dan bawah atau berdasarkan perbedaan tingkat kematangan, baik yang ada di daerah Kejajar maupun yang ada di daerah Sembungan dianalisis secara diskriptif komparatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Karbohidrat pada berbagai tingkat kematangan buah *C. pubescens* di daerah Kejajar (1400m dpl)

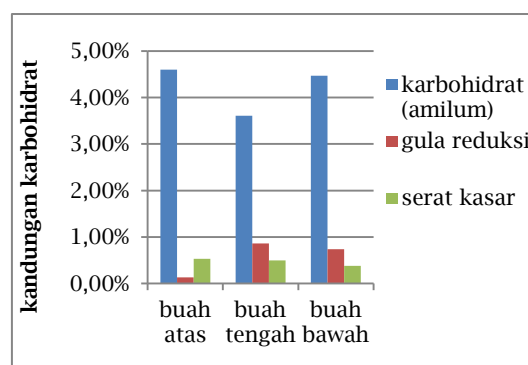
Pada Tabel 1 mengenai kandungan karbohidrat tertulis ada karbohidrat, gula reduksi dan serat kasar, padahal gula reduksi dan serat kasar juga bagian dari karbohidrat. Jadi yang dimaksud dengan karbohidrat dalam hal ini adalah karbohidrat secara umum atau karbohidrat total yang di dalamnya terdapat monosakarida, disakarida (baik gula reduksi maupun non-reduksi) dan polisakarida, termasuk serat kasar atau selulosa.

Gula reduksi meliputi semua monosakarida dan sebagian disakarida (sukrosa bukanlah gula reduksi), sedangkan polisakarida yang sering terdapat pada tumbuhan adalah amilum, pektin, mannan dan galaktan serta selulosa yang sering disebut serat. Oleh karena itu bila diperhitungkan karbohidrat dikurangi gula reduksi dan serat kasar, sisanya berarti disakarida non-reduksi yaitu sukrosa dan polisakarida selain serat.

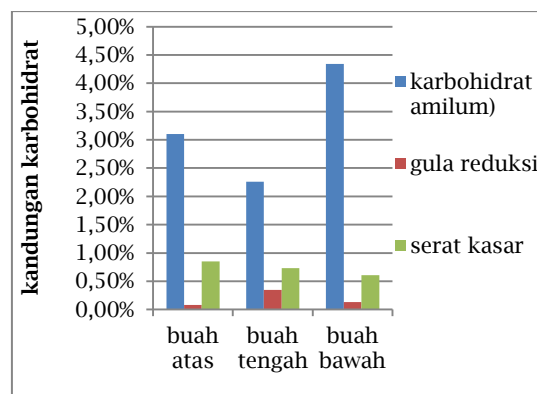
Sukrosa merupakan bentuk karbohidrat yang diangkut oleh floem ke tempat-tempat penyimpanan terutama buah yang manis. Menilik karakter buah karika yang lebih berasa masam maka diduga bahwa kadar sukrosanya juga rendah. Demikian pula dengan pektin yang merupakan komponen lamela tengah yang memisahkan dinding sel satu dengan dinding sel tetangga serta punya peranan dalam pematangan buah, kandungannya dalam *C. pubescens* sangat sedikit. Hal ini didasarkan pada hasil penelitian oleh Muhidin (1985) terhadap kadar pektin buah pepaya semangka Paris pada berbagai derajat kematangan yang hanya 1% dan mengalami penurunan pada buah yang semakin matang (0,5% pada yang paling matang). Dengan demikian prosentase karbohidrat pada *C. pubescens* lebih menunjukkan kandungan

amilumnya yang merupakan karbohidrat simpanan pada sel tumbuhan.

Untuk analisis, maka data pada Tabel 1 dibuat 3 buah gambar grafik histogram yaitu Gambar 1, 2 dan 3. Data kandungan karbohidrat dikurangi dulu dengan kandungan gula reduksi dan serat kasar sehingga lebih mencerminkan kandungan amilumnya. Dengan demikian bila ketiga data ditampilkan dalam satu gambar grafik lebih akurat menggambarkan karbohidrat totalnya.



Gambar 1. Kandungan karbohidrat pada daging buah *C. pubescens* dari Kejajar (1400m dpl) pada berbagai tingkat kematangan.

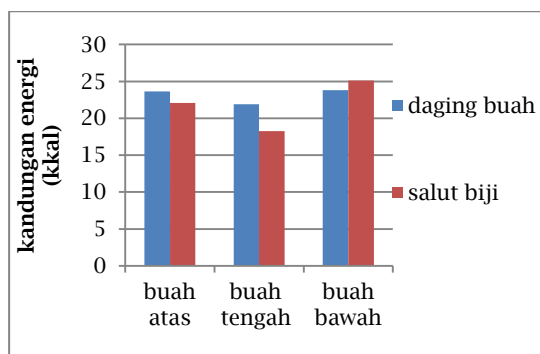


Gambar 2. Kandungan karbohidrat pada salut biji buah *C. pubescens* dari Kejajar (1400m dpl) pada berbagai tingkat kematangan.

Tabel 1. Kandungan karbohidrat pada berbagai tingkat kematangan buah *C. pubescens* di daerah Kejajar (ketinggian 1400m dpl).

Macam Analisis	Metode Analisis	Daging Buah			Salut Biji		
		A (wb)	T (wb)	B (wb)	A (wb)	T (wb)	B (wb)
Karbohidrat Energi *	By different	5,26%	4,97%	5,59%	4,03%	3,34%	5,08%
Gula reduksi	Nelson Somogyi	0,13%	0,86%	0,74%	0,08%	0,35%	0,13%
Serat kasar	Hidrolisis asam kuat basa kuat	0,53%	0,50%	0,38%	0,85%	0,73%	0,61%

Keterangan: *Energi dihitung berdasarkan kandungan energi dari komponen mikro nutrien. A : buah bagian atas, T : buah bagian tengah, B : buah bagian bawah



Gambar 3. Kandungan energi* (kcal) buah *C. pubescens* dari Kejajar (1400m dpl).

Kandungan karbohidrat yang meliputi karbohidrat secara umum, gula reduksi dan serat kasar pada *C. pubescens* baik pada daging buah maupun salut bijinya memiliki pola yang sama. Kandungan karbohidrat dari buah atas ke tengah dan bawah atau dari yang kurang matang menuju semakin matang polanya adalah menurun kemudian meningkat, sedangkan untuk gula reduksi polanya justru berlawanan yaitu meningkat kemudian menurun. Sementara untuk serat kasar semakin menurun kadarnya pada buah yang semakin matang, walaupun tidak tajam.

Kandungan serat kasar pada daging buah *C. pubescens* menunjukkan penurunan dari buah mentah atau bagian atas sebesar 0,53%, buah sedang atau bagian tengah sebesar 0,50% dan buah matang atau bagian bawah 0,38%. Demikian pula pada salut bijinya dari 0,85% pada buah atas menjadi 0,73% pada buah tengah dan 0,61% pada buah bawah menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar serat pada buah yang lebih matang.

Menurut Abidin (1991) selama proses pematangan buah terjadi perubahan dalam berbagai segi antara lain perubahan struktur, tekstur, warna, rasa dan proses biokimia yang terjadi di dalamnya. Lebih lanjut dijelaskan bahwa selama proses pematangan biasanya terjadi peningkatan jumlah gula dan rasa manis sebagai akibat dari degradasi polisakarida. Sedangkan pelunakan karena adanya hidrolisis dari polisakarida pada dinding sel.

Sejalan dengan teori tersebut di atas dapat dijelaskan bahwa perubahan kandungan serat kasar selama proses pematangan buah *C. pubescens* terjadi karena polisakarida mengalami degradasi. Dalam hal ini selulosa yang merupakan konstituen dinding sel akan terdegradasi menjadi bentuk yang lebih

sederhana oleh bantuan enzim selulase dan selobiase sehingga bisa sampai membentuk glukosa. Degradasi selulosa ini bersama-sama dengan perubahan pektin menjadi asam pektin yang berperan dalam pelunakan daging buah pada buah matang. Data pada Tabel 1 juga menunjukkan bahwa kandungan serat kasar buah *C. pubescens* pada salut biji lebih tinggi dibanding daging buahnya.

Untuk kandungan gula reduksi pada daging buah atas, tengah dan bawah berturut-turut 0,13%, 0,86% dan 0,74%, sedang pada salut biji berturut-turut 0,08%, 0,35% dan 0,13%. Polanya sama yaitu dari rendah kemudian naik terus turun lagi tetapi kenaikannya lebih besar dibanding penurunannya dan hasil menunjukkan bahwa gula reduksi pada daging buah lebih tinggi dibanding pada salut bijinya. Keadaan ini merupakan kebalikan dari serat kasar yang lebih tinggi di salut bijinya. Data ini seolah-olah kurang sesuai dengan teori-teori yang menyatakan bahwa pada buah yang lebih matang umumnya kandungan gulanya lebih tinggi dibanding dengan yang kurang matang tercermin pada buah matang yang rasanya lebih manis. Tetapi kalau dibandingkan dengan data kandungan karbohidrat secara umum polanya justru sebaliknya, yaitu pada buah atas, tengah dan bawah kadarnya dari 5,26%, menjadi 4,97% dan 5,59%. Keadaan tersebut mungkin bisa diterangkan sebagai berikut: peningkatan kadar gula reduksi pada buah tengah berasal dari konversi karbohidrat lain yaitu amilum atau sukrosa, namun sebagian karbohidrat tersebut juga dipakai untuk bahan respirasi atau untuk dikonversi ke bentuk senyawa lain sehingga kadar gula reduksi meningkat tetapi karbohidrat totalnya menurun. Sebaliknya ketika kadar karbohidrat total dari buah tengah ke buah bawah meningkat justru kadar gula reduksinya turun. Hal ini mungkin karena sewaktu terjadi penumpukan karbohidrat, yaitu pada masa pertumbuhan generatif, harusnya juga diikuti peningkatan gula reduksi, tetapi karena sebagian gula juga menjadi bahan respirasi, juga bahan untuk sintesis senyawa lain sehingga gula reduksinya turun tetapi karbohidrat totalnya meningkat. Mungkin juga ketika sukrosa diangkut floem dan dibawa ke buah belum didegradasi menjadi monosakarida sehingga gula reduksi belum naik, tetapi karbohidrat totalnya meningkat.

Suhu juga memengaruhi kecepatan respirasi yang cenderung menurun pada suhu rendah,

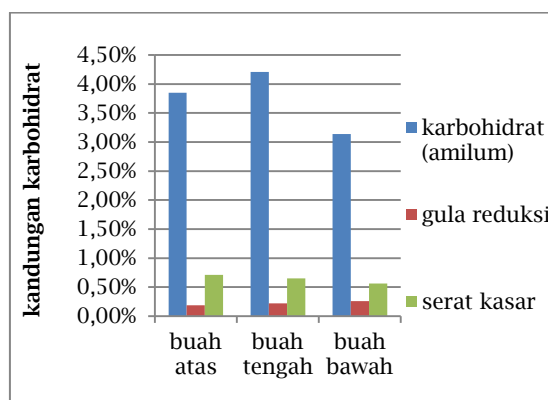
sehingga hasil fotosintesis kalau tidak direspirasi diubah menjadi bentuk lain, dan untuk adaptasi terhadap tekanan lingkungan yang ekstrim tumbuhan mengembangkan antioksidan termasuk vitamin C dan keasaman tinggi. Di dalam metabolisme karbohidrat dijelaskan bahwa vitamin C memang dibuat dari monosakarida melalui serangkaian proses biokimia yang melibatkan enzim-enzim yang akan mengubah molekul D-Glukosa-6-P akhirnya menjadi vitamin C (L-Ascorbic acid) (Wheeler et al. 1998).

Kemungkinan lain adalah dalam lintas katabolisme ketika glukosa direspirasi dan memasuki tahap siklus asam sitrat, residu asetil-KoA bereaksi dengan asam oksaloasetat dan selanjutnya mengalami perubahan menjadi asam-asam organik lain maka sebagian asam organik itu mungkin tetap disimpan dalam bentuk tersebut sehingga meningkatkan keasaman buah tersebut. Keasaman yang tinggi tercermin pada rasa buah yang tetap masam dan hanya sedikit manis walau pada buah yang sudah matang. Oleh karena itu perlu diteliti lebih lanjut korelasi antara fluktuasi kandungan karbohidrat dengan kandungan vitamin C dan asam-asam organiknya.

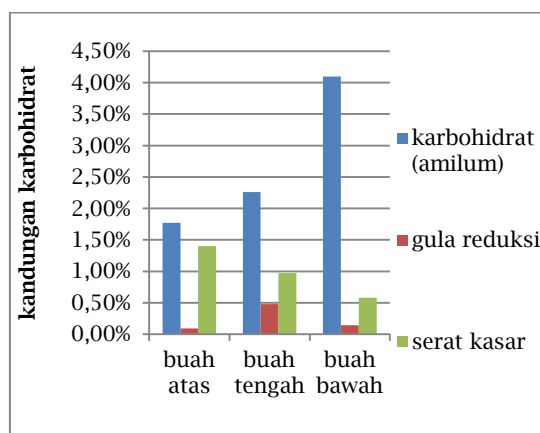
Kandungan karbohidrat pada berbagai tingkat kematangan buah *C. pubescens* di daerah Sembungan (2400m dpl)

Berbeda dengan kecenderungan kandungan karbohidrat buah *C. pubescens* yang ada di Kejajar, data karbohidrat pada buah *C. pubescens* yang ada di Sembungan (2400m dpl) (Tabel 2) dari buah atas, tengah dan bawah polanya justru naik kemudian menurun untuk yang di daging buah, sedang yang di salut bijinya terus meningkat. Kandungan energi dengan karbohidrat polanya hampir sama. Sebaliknya kandungan gula reduksi yang di daging buah terus meningkat sesuai tingkat kematangan tetapi yang di salut biji meningkat kemudian menurun.

Sementara untuk kandungan serat kasar polanya sama dengan yang ada di Kejajar, yaitu terus menurun pada buah yang semakin matang. Oleh karena itu penjelasan mengenai perubahan kandungan serat pada dasarnya sama dengan yang ada di Kejajar. Untuk lebih memudahkan deskripsinya maka data di atas dibuat 3 gambar grafik histogram yaitu Gambar 4, 5 dan 6.



Gambar 4. Kandungan karbohidrat pada daging buah *C. pubescens* dari Sembungan (2400m dpl) pada berbagai tingkat kematangan.

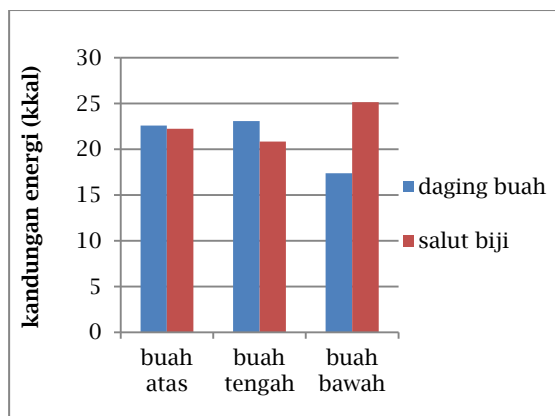


Gambar 5. Kandungan karbohidrat pada salut biji buah *C. pubescens* dari Sembungan (2400m dpl) pada berbagai tingkat kematangan.

Tabel 2. Hasil analisis kandungan karbohidrat pada berbagai tingkat kematangan buah *C. pubescens* di daerah Sembungan (ketinggian 2400m dpl)

Macam analisis	Metode analisis	Daging buah			Salut biji		
		A (wb)	T (wb)	B (wb)	A (wb)	T (wb)	B (wb)
Karbohidrat	By different	4,75%	5,08%	3,96%	3,26%	3,71%	4,82%
Energi *		22,60 kkal	23,10 kkal	17,38 kkal	22,23 kkal	20,84 kkal	25,14 kkal
Gula Reduksi	Nelson Somogyi	0,19%	0,22%	0,26%	0,09%	0,48%	0,14%
Serat Kasar	Hidrolisis asam kuat-basa kuat	0,71%	0,65%	0,56%	1,40%	0,97%	0,58%

Keterangan: *Energi dihitung berdasarkan kandungan energi dari komponen mikro nutrien. A : buah bagian atas, T : buah bagian tengah, B : buah bagian bawah



Gambar 6. Kandungan energi* (kcal) buah *C. pubescens* dari Sembungan (2400m dpl).

Berdasar data tabel dan gambar di atas terlihat bahwa kandungan gula reduksi pada daging buah walaupun mengalami kenaikan tetapi angkanya sangat kecil, sehingga dapat dikatakan tidak ada peningkatan yang berarti dan secara umum dapat dikatakan bahwa gula reduksi pada daging buah relatif rendah dibanding total karbohidrat yang ada. Hanya pada salut biji menunjukkan peningkatan yang cukup tinggi (dari 0,09% menjadi 0,48%) walaupun pada buah bawah akhirnya menurun lagi menjadi 0,14%. Hal ini menunjukkan bahwa karakter buah *C. pubescens* cenderung rendah gula reduksinya tetapi lebih tinggi di kandungan asamnya terbukti dengan buahnya yang lebih berasa masam daripada manisnya walau pada buah yang sudah matang.

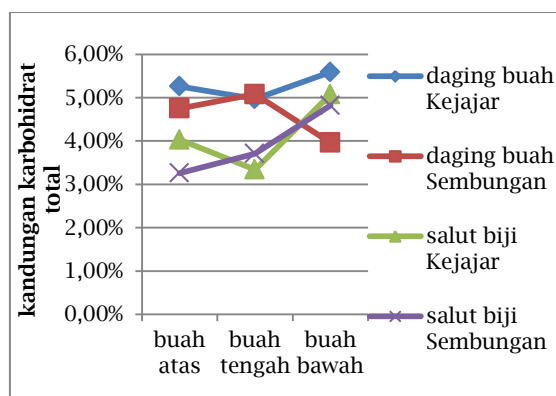
Perubahan gula reduksi yang meningkat pada buah tengah tetapi kadar karbohidrat totalnya menurun mungkin bisa dijelaskan seperti terjadinya perubahan zat tersebut pada buah *C. pubescens* yang ada di Kejajar.

Perlu diperhatikan juga bahwa fluktuasi kandungan karbohidrat sebagai hasil fotosintesis tentunya sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Dalam teori dijelaskan bahwa faktor iklim utama yang memengaruhi aktivitas fotosintesis dan respirasi adalah radiasi surya PAR (*Photosynthetically Active Radiation*) dan suhu, sedang faktor lain juga memengaruhi tetapi sebagai faktor pendukung (Lambers et al. 2008). Dalam kondisi radiasi yang optimum disertai suhu yang rendah harusnya menghasilkan produk netto fotosintesis yang tinggi, tetapi kondisi iklim di Sembungan yang merupakan dataran tertinggi, agaknya intensitas dan kapasitas radiasinya juga rendah dengan kelembaban yang tinggi, sehingga produk bersih

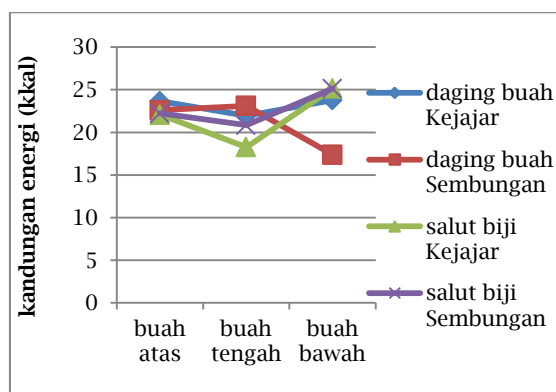
fotosintesis dalam bentuk karbohidrat tidak tinggi. Disamping itu mungkin hasil fotosintesis banyak diubah ke bentuk lain seperti asam-asam organik termasuk asam volatil, vitamin C dan antioksidan lain sebagai bagian dari adaptasi fisiologi terhadap tekanan lingkungan yang ekstrim berupa suhu yang rendah.

Perbandingan kandungan karbohidrat pada berbagai tingkat kematangan buah *C. pubescens* Kejajar (1400m dpl) dengan Sembungan (2400m dpl)

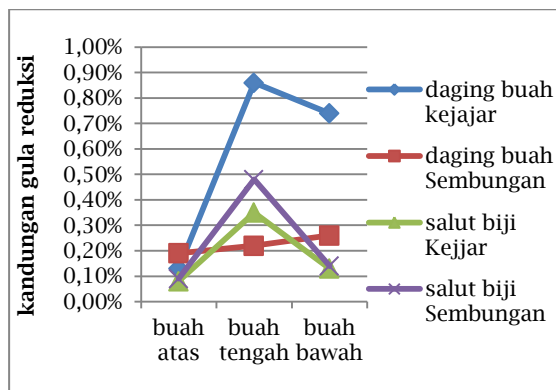
Kandungan karbohidrat total, gula reduksi dan serat kasar serta energi dari buah *C. pubescens* yang ada di Kejajar (1400mdpl) dibandingkan dengan yang ada di Sembungan (2400m dpl), dibedakan antara kandungan di daging buah dengan kandungan di salut bijinya baik buah atas, tengah maupun bawah. Dari data pada Tabel 1 dan 2 di atas dapat dibuat 4 macam gambar, yaitu Gambar 7, 8, 9 dan 10.



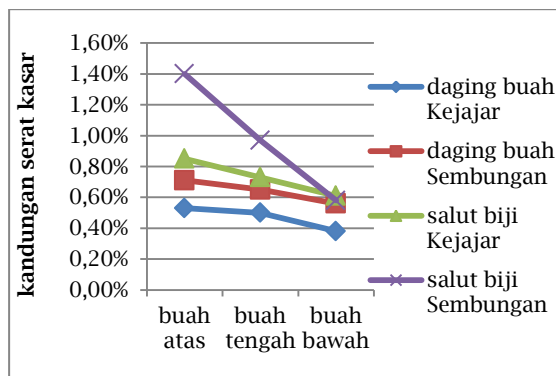
Gambar 7. Perbandingan kandungan karbohidrat total pada buah *C. pubescens* Kejajar (1400m dpl) dengan Sembungan (2400m dpl).



Gambar 8. Perbandingan kandungan energi* (kcal) pada buah *C. pubescens* Kejajar (1400m dpl) dengan Sembungan (2400m dpl)



Gambar 9. Perbandingan kandungan gula reduksi pada buah *C. pubescens* Kejajar (1400m dpl) dengan Sembungan (2400m dpl)



Gambar 10. Perbandingan kandungan serat kasar pada buah *C. pubescens* Kejajar (1400m dpl) dengan Sembungan (2400m dpl).

Gambar perbandingan kandungan karbohidrat (Gambar 7) dan kandungan energi (Gambar 8) menunjukkan pola yang sama yang berarti kecenderungan kandungan energi mengikuti pola kecenderungan kandungan karbohidrat. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan energi suatu bahan makanan berhubungan erat dengan kandungan karbohidratnya dan ini sesuai dengan teori yang menjelaskan bahwa karbohidrat di dalam sel terutama berfungsi sebagai sumber energi.

Dari keempat gambar yaitu Gambar 7, 8, 9 dan 10 hanya gambar mengenai kandungan serat kasar (Gambar 10) yang kecenderungannya sama baik pada daging buah maupun salut biji; yaitu menurun sesuai dengan tingkat kematangannya, sedangkan data pada daging buah di Sembungan tidak mengikuti pola dengan lainnya.

Gambar 10 menunjukkan bahwa kandungan serat kasar pada *C. pubescens* (terutama buah atas dan tengah) yang ada di Sembungan (2400m dpl) lebih tinggi dibanding yang ada di Kejajar

(1400m dpl), dengan kandungan serat kasar di salut biji lebih tinggi dibanding yang ada di daging buah.

Seperti diketahui bahwa perbedaan ketinggian tempat berakibat pada perbedaan suhu, pencahayaan dan kelembaban. Faktor-faktor tersebut dapat memengaruhi morfologi maupun fisiologi organisme yang hidup di dalamnya. Tumbuhan yang hidup di daerah dengan suhu yang rendah biasanya lebih pendek namun organ-organ tubuhnya menebal dan kaku sebagai bentuk adaptasi terhadap cekaman lingkungan terutama terhadap suhu rendah. Keadaan tersebut mungkin disebabkan oleh dinding sel-sel penyusunnya lebih tebal karena dinding sel merupakan bagian terluar yang melindungi sel terhadap tekanan dari luar dan juga memberikan kontribusi terhadap fisik tumbuhan yang kaku. Atau mungkin material penyusun dinding sel pada buah karika yang ada di Sembungan lebih rapat. Walaupun untuk ini perlu dibuktikan dengan penelitian lebih lanjut sampai pada tingkat pengamatan sel.

Salah satu jenis karbohidrat yang terutama menyusun dinding sel tumbuhan tingkat tinggi adalah selulosa atau serat. Dengan komposisi dinding sel yang lebih tebal atau material selulosa yang lebih rapat tentunya akan menghasilkan angka yang lebih tinggi ketika bagian dari jaringan tersebut diekstrak dan dianalisis kandungannya.

Fenomena tersebut juga terlihat pada hasil penelitian *C. pubescens* oleh Laili (2011) terhadap morfologi buah karika di Dataran Tinggi Dieng. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karika Sembungan (2400 m dpl) memiliki diameter, panjang dan ketebalan daging buah lebih besar dibanding dengan yang ada di Kejajar (1400 m dpl).

Walaupun ada fluktuasi kandungan karbohidrat secara umum terutama pada buah tengah, namun pada akhirnya pada buah bawah atau bila dirata-rata, kandungan karbohidrat secara umum pada buah *C. pubescens* yang ada di Kejajar lebih tinggi dibanding dengan yang ada di Sembungan. Kondisi ini berlaku baik pada daging buah maupun salut biji, dengan rata-rata kandungan karbohidrat pada daging buah lebih tinggi dibanding pada salut bijinya. Namun demikian untuk analisis mengapa hal ini terjadi, tidak bisa hanya memandang satu sisi saja melainkan juga harus dibandingkan dengan kandungan zat-zat lainnya.

Gambar 9 yang menampilkan perbandingan kandungan gula reduksi menunjukkan adanya

kecenderungan dari buah mentah ke sedang dan matang polanya naik kemudian turun, kecuali pada daging buah dari Sembungan yang polanya terus meningkat sesuai dengan tingkat kematangan buah. Namun demikian sampai pada buah matang, kadar gula reduksi pada daging buah *C.pubescens* yang di Kejajar (1400 m dpl) tetap lebih tinggi dibanding yang dari Sembungan (2400 m dpl). Perbedaan kandungan gula reduksi pada salut biji nampak pada buah bagian tengah, sedangkan bagian atas dan bawahnya hampir sama.

Keadaan ini mungkin disebabkan karena karena karbohidrat sebagai hasil pertama fotosintesis, oleh metabolisme sel-sel buah karika di Sembungan lebih banyak diubah menjadi bentuk lain, khususnya dalam bentuk asam-asam organik, vitamin C dan antioksidan yang lain. Mungkin perlu adanya penelitian lebih detail mengenai efektifitas proses fotosintesis dan perbandingannya dengan aktivitas respirasi khususnya ditinjau dari perolehan cahaya baik intensitas maupun lamanya penyinaran, suhu lingkungan dan kelembaban yang dapat memengaruhi kedua proses tersebut, sehingga bisa diketahui dengan benar apakah perbedaan kandungan karbohidrat karena perbedaan produktivitas fotosintesis yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan ataukah karena adanya proses transformasi hasil fotosintesis ke bentuk-bentuk lain.

KESIMPULAN DAN SARAN

Ada perubahan kandungan karbohidrat pada berbagai tingkat kematangan buah karika (*C. pubescens*), baik yang ada di daerah Kejajar (1400 m dpl) maupun Sembungan (2400 m dpl), yaitu ada kecenderungan semakin matang buah *C. pubescens* semakin meningkat kandungan karbohidrat totalnya, namun pada kandungan serat kasarnya semakin menurun. Ada perbedaan kandungan karbohidrat pada buah *C.pubescens* matang yang ada di daerah Kejajar (5,59% untuk daging buah dan 5,08% untuk salut biji) dengan yang ada di daerah Sembungan (3,96% untuk daging buah dan 4,82% untuk salut biji). Perlu penelitian lebih lanjut mengenai

perbedaan kandungan karbohidrat atau zat-zat lainnya berdasar usia buah setelah pembungaan, sehingga lebih mewakili tingkat kematangannya agar mendapatkan gambaran lebih akurat mengenai fisiologi pematangan buah dan penelitian mengenai berapa hari setelah panen kandungan gizinya paling optimum untuk dikonsumsi atau diolah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin Z. 1991. Dasar-dasar Pengetahuan Ilmu Tanaman. Angkasa, Bandung
- Campbell MK, Farrell SO. 2003. Biochemistry. Fourth Edition. Thomson Learning, Inc. USA.
- Campbell NA, Reece JB, Mitchel LG. 1999. Biology. Fifth Edition. Addison Wesley Longman. USA.
- Dwidjoseputro D. 1992. Pengantar Fisiologi Tumbuhan. Penerbit Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Eskin N.A.M, Henderson H.M, Townseed R.L. 1971. Biokhemistry of Food. Academic Press, New York.
- Hidayat S. 2001. Prospek Pepaya Gunung (*Carica pubescens*) dari Sikunang, Pegunungan Dieng, Wonosobo. Prosiding Seminar Sehari: Menggali Potensi dan Meningkatkan Prospek Tanaman Hortikultura Menuju Ketahanan Pangan. Pusat Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Bogor-LIPI, Bogor.
- Kartosapoetra AG. 2004. Klimatologi; Pengaruh Iklim terhadap Tanah dan Tanaman. Bumi Aksara, Jakarta.
- Laily AN, Suranto, Sugiyarto. 2012a. Characterization of *Carica pubescens* in Dieng Plateau, Central Java based on morphological characters, antioxidant capacity, and protein banding pattern. Nusantara Bioscience 4 (1): 16-21
- Laily AN, Suranto, Sugiyarto. 2012b. Karakterisasi *Carica pubescens* di Dataran Tinggi Dieng, Jawa Tengah berdasarkan sifat morfologi, kapasitas antioksidan, dan pola pita protein. Bioteknologi 9 (1): 7-13
- Laily AN. 2011. Karakterisasi *Carica pubescens* Lenne & K. Koch Berdasarkan Morfologi, Kapasitas Antioksidan, dan Pola Pita Protein Di Dataran Tinggi Dieng. [Tesis]. Program Pasca Sarjana UNS, Surakarta.
- Lambers H, Chapin FS, Pons TL. 2008. Plant Physiological Ecology. Springer, New York.
- Muhidin D. 1999. Agroindustri Papain dan Pektin. Penebar Swadaya, Bogor.
- Steenis GCCJ van. 1972. The mountain flora of Java. E.J. Brill, Leiden.
- Sudarmadji S, Haryono B, Suhardi. 1997. Prosedur Analisis Untuk Bahan Makanan dan Pertanian. Liberty, Yogyakarta.
- Sudarmoyo B. 1993. Metodologi penelitian bagi mahasiswa ilmu-ilmu pertanian dan biologi. Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang.
- Wheeler GL, Jones MA, Smirnoff N. 1998 The biosynthetic pathway of vitamin C in higher plants. Nature. 393 (6683): 365-369