

EFEKTIVITAS *HYDROCOOLING* DALAM MEMPERTAHANKAN MUTU BROKOLI SELAMA PENYIMPANAN

**RIZKY WULANSETIASARI
F1502231005**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PASCAPANEN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis yang berjudul **Efektivitas Hydrocooling dalam Mempertahankan Mutu Brokoli selama Penyimpanan** adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka dari bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada IPB University

Bogor, Agustus 2025

Rizky Wulansetiasari

Nim: F1502231005

RINGKASAN

RIZKY WULANSETIASARI. Efektivitas *Hydrocooling* dalam Mempertahankan Mutu Brokoli selama Penyimpanan. Dibimbing oleh USMAN AHMAD dan EMMY DARMAWATI.

Perlakuan *hydrocooling* bertujuan untuk mendinginkan produk pertanian selepas panen, sehingga dapat menurunkan laju respirasi yang menyebabkan penurunan mutu produk selama penyimpanan. Salah satu metode *precooling* yang dapat diaplikasikan pada brokoli adalah metode *hydrocooling* melalui perendaman produk segar dalam air bersuhu rendah (0°C) selama beberapa waktu. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan waktu *hydrocooling* dan suhu penyimpanan terbaik untuk memperlambat penurunan mutu brokoli segar dan mengamati perubahan parameter mutunya selama penyimpanan.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *hydrocooling* dengan dua durasi peredaman yaitu 10 menit dan 20 menit. Perendaman brokoli yang digunakan adalah brokoli varietas *Green King* dari Cipanas, Cianjur, Jawa Barat. Pengukuran suhu air dan suhu brokoli dilakukan dengan termokopel. Kemudian diikuti dengan perlakuan penyimpanan di 28°C dan suhu 5°C tanpa kemasan. Penelitian dilakukan menggunakan rancangan percobaan acak lengkap dua faktor yaitu faktor pertama waktu *hydrocooling* dengan tiga taraf (0, 10 dan 20 menit) dan faktor kedua suhu penyimpanan dengan dua taraf yaitu suhu 28°C dan 5°C.

Pengamatan mutu brokoli dilakukan sebanyak 8 kali pada penyimpanan suhu 28°C, yaitu pada hari ke-0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7, kemudian 9 kali pengamatan pada penyimpanan suhu 5°C, yaitu pada hari ke-0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, dan 16. Parameter mutu yang diamati selama penelitian meliputi pengukuran laju respirasi (gas analyzer Q2 O₂/CO₂), kadar air (metode oven, AOAC, 2012), susut bobot (timbangan digital), kontaminasi mikroba (TPC/*total plate count*), warna (sistem CIELab Crhomameter CR 200), dan vitamin C (titrimetri iodimetri).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *hydrocooling* mampu memperlambat laju respirasi brokoli, dengan pengaruh waktu proses *hydrocooling* terhadap suhu brokoli, yang menurunkan suhu brokoli secara cepat, mendekati suhu media *hydrocooling* pada 5 menit awal hingga menit ke-20 (sekitar 0-3°C) setelah panen, sehingga aktivitas enzim dan respirasi dapat ditekan. Proses *hydrocooling*, suhu bahan, dan lama waktu *hydrocooling*, berpengaruh dalam mempertahankan mutu brokoli selama penyimpanan.

Brokoli dapat mempertahankan mutunya selama penyimpanan, diantaranya yaitu: memperlambat pengurangan kadar air, dengan laju penurunan harian sebesar $\pm 9\%$ suhu 28°C dan $\pm 4\%$ suhu 5°C, yang sama halnya dengan susut bobot, terjadi penurunan sebesar 9,47% per hari pada suhu 28°C dan 2,04% per hari pada suhu 5°C. Warna dan kandungan vitamin C brokoli, selama penyimpanan pada suhu 28°C, menunjukkan gejala awal pembusukan dihari ke-4 pada perlakuan *hydrocooling* maupun tanpa *hydrocooling*. Hal ini ditunjukkan dengan penurunan nilai L* hingga di bawah 25, yang menandakan berkurangnya kecerahan dan munculnya tampilan kusam. Selain itu, nilai a* yang awalnya negatif (menandakan warna hijau) meningkat mendekati nol atau menjadi positif, menunjukkan pergeseran warna ke arah coklat. Sementara itu, nilai b* meningkat

hingga di atas 30, yang mengindikasikan perubahan warna dari hijau ke arah kuning. Kombinasi ketiga perubahan ini merupakan ciri khas brokoli yang mulai rusak secara visual. Sebaliknya, brokoli yang disimpan pada suhu 5°C tidak menunjukkan perubahan mencolok atau masih berwarna hijau hingga hari ke-10 tanpa perlakuan *hydrocooling* dan hingga hari ke-14 pada perlakuan *hydrocooling*.

Perubahan visual warna brokoli sejalan dengan penurunan kandungan vitamin C dengan laju penurunan sekitar -12,5 mg/100g per hari pada penyimpanan suhu 28°C dan kandungan vitamin C menurun lebih lambat, dengan laju hanya sekitar -2,1 hingga -2,5 mg/100g per hari pada penyimpanan suhu 5°C. Kestabilan warna ini menunjukkan bahwa penyimpanan pada suhu 5°C tidak hanya menjaga tampilan visual brokoli, tetapi juga memperlambat penurunan kandungan vitamin C.

Pengaruh perlakuan *hydrocooling* dengan kombinasi penyimpanan pada suhu 28°C, tidak berbeda nyata dengan tanpa dilakukan *hydrocooling*, keduanya hanya dapat bertahan mutunya hingga hari ke-4. Perlakuan *hydrocooling* terlihat pengaruhnya saat dikombinasikan dengan penyimpanan suhu 5°C yaitu dapat bertahan mutunya hingga hari ke-14 pada perlakuan T5H10 dan hingga hari ke-16 pada perlakuan T5H20, sementara kontrol (tanpa *hydrocooling*) hanya sampai dengan hari ke-10 penyimpanan.

Oleh karena itu, penggunaan *hydrocooling* akan lebih efektif jika dikombinasikan dengan penyimpanan suhu rendah. Penelitian ini menunjukkan bahwa *hydrocooling* bisa menjadi solusi yang efektif untuk memperpanjang masa simpan brokoli dan menjaga kualitasnya tetap segar hingga sampai ke konsumen selama tidak melebihi 16 hari.

Kata Kunci: Brokoli, *hydrocooling*, penurunan mutu, penyimpanan, *precooling*

SUMMARY

RIZKY WULANSETIASARI. Effectiveness of Hydrocooling in Maintaining the Quality of Broccoli During Storage. Supervised by USMAN AHMAD and EMMY DARMAWATI.

Hydrocooling treatment aims to cool agricultural products after harvest, thereby reducing the respiration rate that causes quality deterioration during storage. One of the precooling methods that can be applied to broccoli is hydrocooling, which involves immersing fresh produce in low-temperature water (0°C) for a certain period. This study aimed to determine the optimal hydrocooling duration and storage temperature to slow down the deterioration of fresh broccoli quality and to observe the changes in its quality parameters during storage.

The method used in this study was hydrocooling with two immersion durations, namely 10 minutes and 20 minutes. The broccoli used was the Green King variety from Cipanas, Cianjur, West Java. Water and broccoli temperatures were measured using a thermocouple. This was followed by storage treatments at 28°C and 5°C without packaging. The experiment was conducted using a completely randomized design with two factors: the first factor was hydrocooling duration with three levels (0, 10, and 20 minutes), and the second factor was storage temperature with two levels (28°C and 5°C).

Broccoli quality was observed eight times during storage at 28°C (on days 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, and 7) and nine times during storage at 5°C (on days 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, and 16). The quality parameters observed included respiration rate (gas analyzer Q2 O₂/CO₂), moisture content (oven method, AOAC 2012), weight loss (digital scale), microbial contamination (TPC/total plate count), color (CIELab Chromameter CR-200 system), and vitamin C (iodometric titration).

The results showed that hydrocooling treatment was able to slow down the respiration rate of broccoli, with the duration of hydrocooling significantly influencing broccoli temperature, reducing it rapidly to approach the temperature of the hydrocooling medium within the first 5–20 minutes (approximately 0–3°C) after harvest, thereby suppressing enzymatic activity and respiration. Hydrocooling process, material temperature, and immersion duration all played roles in maintaining broccoli quality during storage.

Broccoli maintained its quality during storage by slowing down the reduction in moisture content, with a daily decrease of approximately 9% at 28°C and 4% at 5°C. Similarly, weight loss occurred at 9.47% per day at 28°C and 2.04% per day at 5°C. The color and vitamin C content of broccoli stored at 28°C showed early signs of spoilage on day 4, both with and without hydrocooling treatment. This was indicated by a decline in L* value to below 25, representing reduced brightness and the appearance of dullness. Meanwhile, the a* value, which was initially negative (indicating green color), increased toward zero or became positive, suggesting a shift toward brown. In addition, the b* value rose above 30, indicating a color change from green to yellow. These combined changes marked the visual deterioration of broccoli. In contrast, broccoli stored at 5°C did not show



significant changes and remained green until day 10 without hydrocooling treatment, and until day 14 with hydrocooling treatment.

The visual color changes were consistent with the reduction in vitamin C content, which decreased at a rate of about -12.5 mg/100g per day during storage at 28°C , while at 5°C the decrease was slower, only about -2.1 to -2.5 mg/100g per day. This color stability indicated that storage at 5°C not only preserved the visual appearance of broccoli but also slowed down the decline in vitamin C content.

The effect of hydrocooling treatment combined with storage at 28°C was not significantly different from samples without hydrocooling, as both maintained their quality only up to day 4. However, the effect of hydrocooling became apparent when combined with storage at 5°C , where broccoli quality was maintained until day 14 with the T5H10 treatment and until day 16 with the T5H20 treatment, while the control (without hydrocooling) lasted only until day 10.

Therefore, hydrocooling is more effective when combined with low-temperature storage. This study demonstrates that hydrocooling can be an effective solution to extend the shelf life of broccoli and maintain its quality in a fresh state until it reaches consumers as long as not exceeding 16 days.

Keywords: Broccoli, hydrocooling, precooling, quality deterioration, storage.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2025
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB

EFEKTIVITAS *HYDROCOOLING* DALAM MEMPERTAHANKAN MUTU BROKOLI SELAMA PENYIMPANAN

RIZKY WULANSETIASARI

Tesis
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Teknologi Pascapanen

**TEKNOLOGI PASCAPANEN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

IPB University

LEMBAR PENGESAHAN

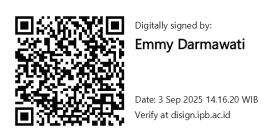
Judul Proposal : Efektivitas *Hydrocooling* dalam Mempertahankan Mutu Brokoli selama Penyimpanan.
Nama : Rizky Wulansetiasari
NIM : F1502231005

Disetujui Oleh

Pembimbing I:
Prof. Dr. Ir. Usman Ahmad, M.Agr



Pembimbing II:
Dr.Ir. Emmy Darmawati, M.Si.



Diketahui Oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Usman Ahmad, M.Agr
NIP 196612281992031003



Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Prof. Dr. Ir. Slamet Budijianto, M.Agr
NIP. 196105021986031002



Tanggal Ujian:
14 Agustus 2025

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Efektivitas *Hydrocooling* dalam Mempertahankan Mutu Brokoli selama Penyimpanan.” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains (M.Si) di Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University. Dengan tersusunnya tesis ini, maka penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Usman Ahmad, M.Agr selaku ketua komisi pembimbing dan Dr. Ir. Emmy Darmawati, M.Si. selaku anggota komisi pembimbing yang telah meluangkan segenap waktu untuk memberi arahan, masukan, dan bimbingan dari awal hingga akhir penyusunan karya ilmiah.
2. Prof. Dr. Ir. Sutrisno Suro Mardjan, M.Agr selaku penguji luar komisi pembimbing yang telah memberikan saran dan perbaikan pada karya ilmiah.
3. Dosen-dosen program studi Teknologi Pascapanen dan dosen Fakultas Teknologi Pertanian serta dosen-dosen luar TMB yang telah mengajar dan berbagi ilmu selama perkuliahan.
4. Bapak Ahmad Mulyawatullah yang senantiasa membantu dalam segala urusan administrasi akademik di prodi Teknologi Pascapanen.
5. Bapak Baskara dan Ibu Khania selaku laboran TPPHP yang banyak membantu dan berbagi ilmu selama perkuliahan dan penelitian.
6. Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) atas beasiswa yang diberikan kepada penulis selama studi S2 di IPB University.
7. Keempat orang tua yang saya cintai, Alm. Mochtar Tauda, Tarbiah Sriningsih, Yusuf Kharie dan Sapiyah Marasabessy serta kakak dan adik saya Henny Purnamawanti Tauda, Subianto Tauda, Hadi Ramadhan Tauda, Nurul Fadilah Kharie, Nurul Nabila Kharie, Siti Khadijah Kharie, dan ponakan-ponakan saya Wahyu, Tegar, Alsyah, Rini, Hafiz, Fayad, Faiqoh, Tata, dan Fatih atas doa dan pengorbanannya baik fisik maupun materi yang tak pernah bisa terbalas.
8. Muhammad Yasin Kharie, suamiku yang selalu menjadi sumber motivasi, membantu sejak awal mendaftar S2, penelitian dan senantiasa memberi doa serta semangat dalam perjalanan akademik ini.
9. Teman-teman yang sudah berasa keluarga, Lisa, Tini, dan Eka yang selalu support dan sabar mendengarkan keluh kesahku baik online maupun offline, serta teman-teman prodi Teknologi Pascapanen Fateta angkatan 2023 Gasal (Elya, Mba Yuni, Naim, Lita, Daffa, Syafar, Sakti, Arief).
10. Semua pihak yang telah banyak membantu dan memberikan masukan dalam penyusunan tesis ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat.

Bogor, Agustus 2025

Rizky Wulansetiasari
Nim: F1502231005



DAFTAR ISI

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA	ii
PELIMPAHAN HAK CIPTA	iii
RINGKASAN	v
SUMMARY	vii
© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2025	vii
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang	ix
LEMBAR PENGESAHAN	xi
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	1
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
1.6 Hipotesis	4
2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Brokoli	5
2.2 Respirasi	6
2.3 Kerusakan Brokoli	8
2.4 Precooling	9
3 METODE	9
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	9
3.2 Alat dan Bahan	9
3.3 Prosedur Penelitian	14
3.4 Analisis Data	15
4 HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Pengaruh waktu proses <i>hydrocooling</i> terhadap suhu brokoli	15
4.2 Laju Respirasi	17
4.3 Kadar Air	19
4.4 Susut Bobot	21
4.5 <i>Total Plate Count</i> (TPC) Bakteri	22
4.6 Analisis Warna	29
4.7 Vitamin C	32
5 SIMPULAN DAN SARAN	32
5.1 Simpulan	32
5.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	44
RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

1	Kandungan gizi brokoli per 100 gram	4
2	Laju respirasi beberapa produk hortikultura pada suhu 5 °C	5
3	Suhu dan RH yang direkomendasikan untuk beberapa produk hortikultura	8
4	Rancangan percobaan rancangan acak lengkap	14
5	Suhu ruang selama penyimpanan brokoli	15
6	Kadar Air (%) brokoli dari berbagai perlakuan <i>hydrocooling</i> dan suhu penyimpanan hari ke-2, 4, dan 6. Kadar air hari ke-0 = 87,90 %	18
7	Susut bobot (%) brokoli dari berbagai perlakuan <i>hydrocooling</i> dan suhu penyimpanan hari ke-2, 4, dan 6.	20
8	Pengaruh <i>hydrocooling</i> pada susut bobot hari ke-8,10,12, 14 dan 16 penyimpanan suhu rendah.	21
9	TPC pada brokoli selama penyimpanan pada suhu ruang (koloni/ml)	21
10	TPC pada brokoli selama penyimpanan pada suhu 5° C (koloni/g)	22
11	Nilai L* brokoli dari berbagai perlakuan <i>hydrocooling</i> dan suhu penyimpanan hari ke-2, 4, dan 6.	24
12	Nilai a* brokoli dari berbagai perlakuan <i>hydrocooling</i> dan suhu penyimpanan hari ke-2, 4, dan 6.	26
13	Pengaruh <i>hydrocooling</i> pada nilai a* hari ke-8,12, dan 16 penyimpanan suhu rendah.	26
14	Nilai b* brokoli dari berbagai perlakuan <i>hydrocooling</i> dan suhu penyimpanan hari ke-2, 4, dan 6.	28
15	Vitamin C brokoli dari berbagai perlakuan <i>hydrocooling</i> dan suhu penyimpanan hari ke-2, 4, dan 6 hingga hari ke-16.	31

DAFTAR GAMBAR

1	Brokoli (<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>italica</i>)	4
2	Kondisi kepala brokoli kategori tidak layak.	6
3	Batang brokoli busuk setelah disimpan pada suhu ruang selama 3 hari.	6
4	Tahapan penelitian	10
5	Diagram alir pengukuran laju respirasi	11
6	CIELAB color chart (Billmeyer Jr. dan Alessi 1981)	13
7	Perubahan suhu air dan suhu brokoli selama <i>hydrocooling</i>	15
8	Laju konsumsi O ₂ selama penyimpanan	16
9	Laju produksi CO ₂ selama penyimpanan	16
10	Kadar air brokoli selama penyimpanan pada suhu ruang	17
11	Kadar air brokoli selama penyimpanan pada suhu 5°C	18
12	Susut bobot selama penyimpanan pada suhu ruang	19
13	Susut bobot selama penyimpanan pada suhu 5° C	20
14	Nilai L brokoli selama penyimpanan pada suhu ruang	23
15	Nilai L brokoli selama penyimpanan pada suhu 5°C	24

16	Nilai a* brokoli selama penyimpanan pada suhu ruang	25
17	Nilai a* brokoli selama penyimpanan pada suhu 5° C	25
18	Nilai b* brokoli selama penyimpanan pada suhu ruang	27
19	Nilai b* brokoli selama penyimpanan pada suhu 5° C	28
20	Kandungan vitamin C brokoli selama penyimpanan pada suhu ruang	29
21	Kandungan vitamin C brokoli selama penyimpanan pada suhu 5° C	30

DAFTAR LAMPIRAN

	Lampiran 1. Proses <i>hydrocooling</i> dan penyimpanan brokoli	36
	Lampiran 2. Metode pengukuran laju respirasi sistem tertutup.	37
	Lampiran 3. Pengukuran laju respirasi dengan alat (Q2 O ₂ /CO ₂ Analyzer).	37
4	Lampiran 4. Perubahan warna brokoli (kontrol) pada suhu 28°C dan 5°C selama penyimpanan	38
5	Lampiran 5. Perubahan warna brokoli (<i>hydrocooling</i> 10 Menit) pada suhu 28°C dan 5°C selama penyimpanan	39
6	Lampiran 6. Perubahan warna brokoli (<i>hydrocooling</i> 20 Menit) pada suhu 28°C dan 5°C selama penyimpanan.	40
7	Lampiran 7. Perhitungan kadar air brokoli	41
8	Lampiran 8. Perhitungan susut bobot brokoli	41
9	Lampiran 9. Perhitungan vitamin C brokoli	41
10	Lampiran 10. Contoh perhitungan ANOVA menggunakan Rstudio	42