4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Suhu

Suhu yang diamati adalah suhu udara dan suhu tanah, pada empat tempat dengan ketinggian yang berbeda, yaitu 1300, 1500, 1670, dan 1800m dpl (dari permukaan laut). Pengamatan suhu dilakukan pada pukul 04.00 dan 14.00.

4.1.1.1 Suhu Udara

Rata-rata suhu udara siang tertinggi didapat pada ketinggian 1300m dpl, sebesar 26,38^{o}C dan yang terendah adalah ketinggian 1800m dpl dengan rata-rata suhu udara sebesar 24,77 ^{o}C. Untuk rata-rata suhu udara malam, yang teretinggi didapat pada ketinggian 1300m dpl dan terendah 1670m dpl, masing-masing dengan rata-rata sebesar 17,23^{o}C dan 11,62 ^{o}C (Tabel 1).

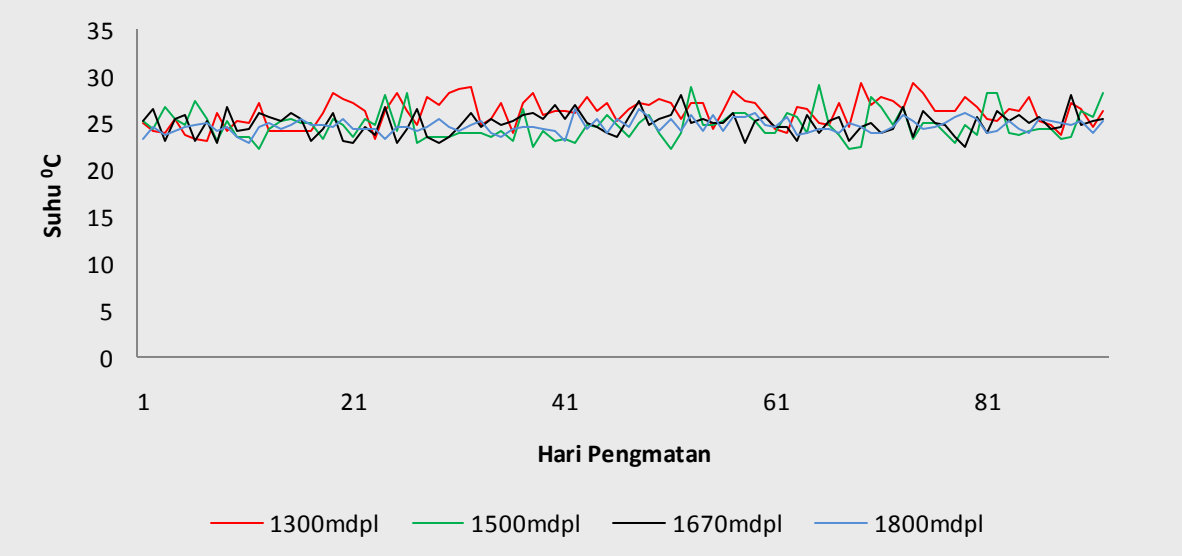
Tabel 1. Rata-rata Suhu Udara pada berbagai ketinggian tempat.

Ketinggian	Suhu Udara Pagi (^{o}C)	Suhu Udara Siang (^{o}C)
1800m dpl	14,81	24,77
1670m dpl	11,62	24,93
1500m dpl	15,82	24,89
1300m dpl	17,23	26,38

Menurut **Teori Braak**, setiap kenaikan 100m, maka suhu udara akan turun 0,61^{o}C (Anonymous, 2013[b]) ini artinya semakin tinggi suatu tempat suhu udaranya akan semakin rendah tetapi dalam penelitian ini tidak selalu terjadi demikian. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa ketinggian tempat tidak terlalu berpengaruh terhadap rata-rata suhu udara. Rata-rata suhu udara siang mulai turun dari ketinggian 1300 menuju 1500m dpl (-1,49^{o}C), lalu mulai konstan dari ketinggian 1500-1800m dpl, walaupun terjadi fluktuasi suhu udara, tetapi terjadi dalam jumlah yang sangat kecil, sedangkan pada rata-rata suhu

udara malam terjadi fluktuasi suhu udara, dari ketinggian 1300-1500m dpl turun 1,41^{o}C, lalu menuju ketinggian 1670m dpl turun sebesar 4,2^{o}C dan naik sebesar 3,19^{o}C pada ketinggian 1800m dpl. Perubahan suhu udara tidak hanya dipengaruhi oleh tinggi rendahnya suatu tempat, menurut Tjasyono (1999), tinggi rendahnya suhu udara dipengaruhi oleh lama penyinaran matahari, sudut datang sinar matahari, relief permukaan bumi, banyak sedikitnya awan, dan perbedaan letak lintang. Dalam penelitian ini, sudut datang sinar matahari, dan letak lintang bisa diangap tidak terlalu berpengaruh karena letak tempat penelitian mempunyai keseragaman dalam hal tersebut, letak perbedaan ada pada lama penyinaran matahari yang di pengaruhi arah lereng, banyak tidaknya awan dan hujan. Selain faktor tersebut suhu udara juga di pengaruhi oleh tekanan udara, dimana jika tekanan udara semakin kecil suhu udara juga akan semakin kecil. Suhu udara merupakan energi kinetik atau energi dari pergerakan udara tersebut, sehingga ketika tekananya rendah, energi kinetik semakin kecil, suhu udara juga akan rendah (Anonymous^{c}, 2013).

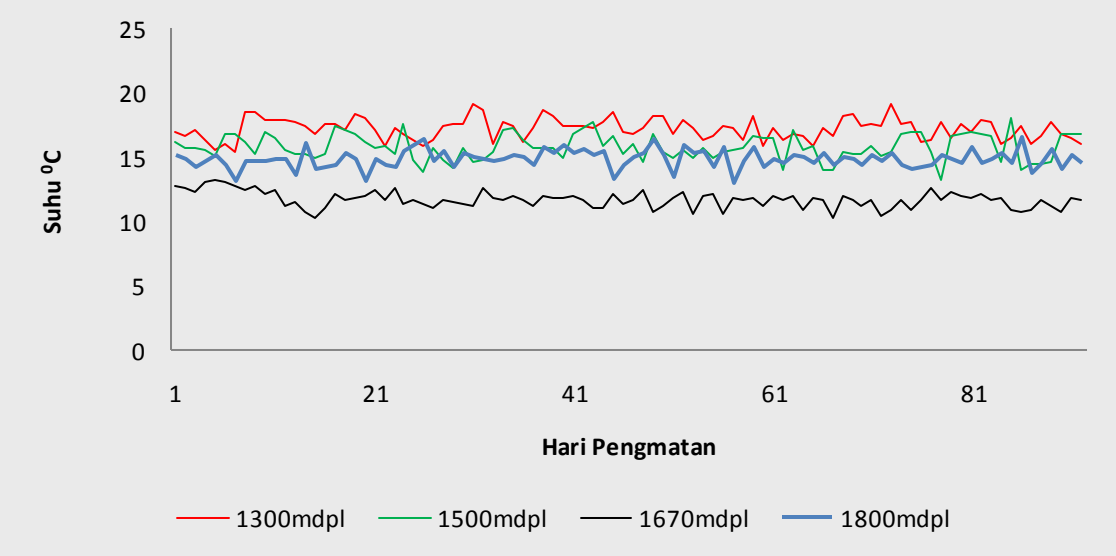
Selain rata-rata suhu udara dapat dilihat juga fluktuasi suhu udara siang dan pagi harian (Gambar 1 dan 2), dengan waktu pengamatan 91 hari.



Gambar 1. Fluktuasi Suhu Udara Siang Harian

Semua ketinggian mengalami fluktuasi suhu udara siang setiap harinya, ini merupakan hal wajar yang terjadi terjadi didaerah tropis dimana fluktuasi suhu harian tidak melebihi fluktuasi suhu siang ke malam, karena pada daerah tropis fluktuasi suhu harian cukup konstan dan fluktuasi suhu terbesar adalah fluktuasi suhu diurnal (perbedaan malam dan siang) (Anonymous[c], 2013). Pada ketinggian 1300m dpl terlihat mempunyai fluktuasi suhu yang berbeda dengan ketinggian yang lainya, ketinggian ini mempunyai suhu siang yang tinggi dengan fluktuasi maksimal mencapai suhu 29^0C, dan suhu siang minimalnya terkadang bisa sama dengan ketinggian lainya.

Suhu udara pagi juga mengalami fluktuasi tetapi berbeda dengan suhu siang, pada fluktuasi suhu malam nilinya lebih kecil (Gambar 2)



Gambar 2. Fluktuasi Suhu Udara Pagi Harian

Ketinggian 1670m dpl mempunyai suhu udara pagi terendah dengan fluktuasinya yang tidak menyamai ketinggian yang lainya, fluktuasi suhu udara pagi terendah pada ketinggian ini mencapai 10^oC.

4.1.1.2 Suhu Tanah

Suhu tanah diukur pada kedalaman 30cm, yang merupakan kedalaman dari perakaran tanaman kentang. Dari hasil pengamatan didapat bahwa rata-rata suhu tanah pagi tertinggi ada pada ketinggian 1500m dpl, dengan rata-rata 18,51^{o}C, sedang terendah ada pada ketinggian 1800m dpl dengan rata-rata 15,75^{o}C (Tabel 2).

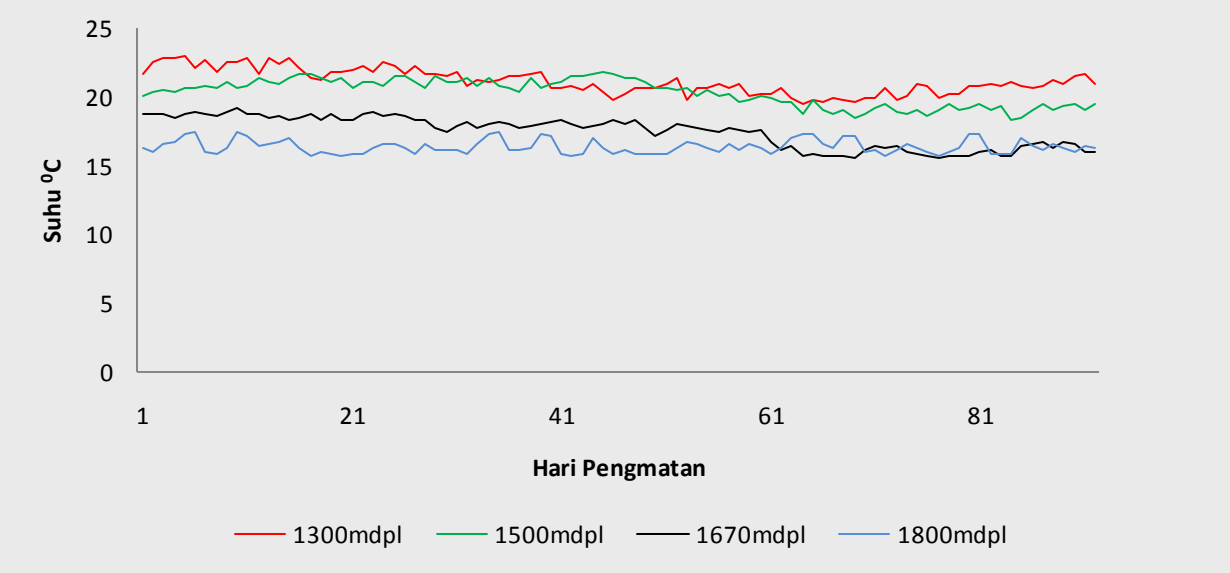
Tabel 2. Rata-rata Suhu Tanah pada berbagai ketinggian tempat.

Ketinggian	Suhu Tanah Pagi (^{o}C)	Suhu Tanah Siang (^{o}C)
1800m dpl	15,75	16,40
1670m dpl	16,79	17,06
1500m dpl	18,51	19,90
1300m dpl	18,39	20,98

Untuk suhu tanah siang, rata-rata tertinggi didapat pada ketinggian 1300m dpl dengan suhu 20,98^{o}C, sedang rata-rata terendah didapat pada ketinggian 1800m dpl dengan suhu 16,40^{o}C (Tabel 2).

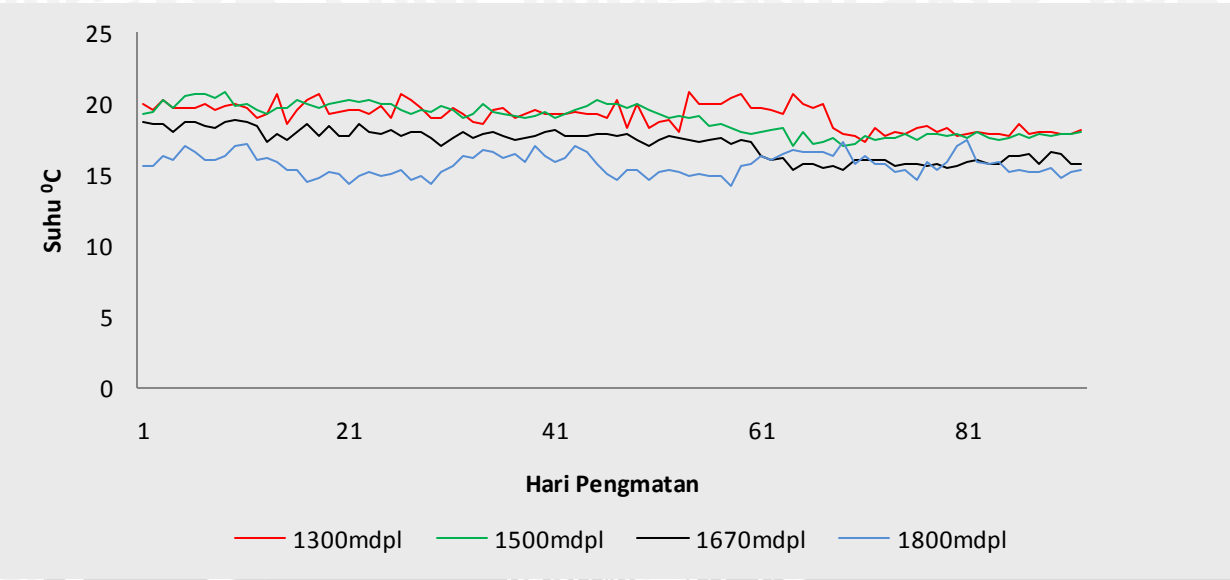
Rata-rata suhu tanah semakin rendah ketika bertambahnya ketinggian tempat, hanya pada suhu tanah pagi ketinggian 1300 ke 1500m dpl suhu bertambah dalam jumlah yang sangat sedikit (0,12^{o}C), selain itu fluktuasi suhu dari pagi ke siang rata-rata hanya sebesar 1^{o}C, berbeda dengan suhu udara yang fluktuasinya mencapai mencapai 9-10^{o}C. Lakitan (1997) melaporkan bahwa suhu tanah akan semakin turun dengan bertambahnya kedalaman tanah, karena panas akan diserap oleh lapisan tanah diatasnya, ini menunjukan pengukuran suhu tanah pada kedalaman 30cm mengalami sedikit fluktuasi, karena hanya menerima panas dalam jumlah sedikit.

Fluktuasi suhu tanah siang menujukkan nilai yang konstan yaitu 2-3^{o}C. Ketinggian 1300m dpl yang mempunyai suhu tanah siang tertinggi mengalami fluktuasi tertinggi mencapai 21^{0}C (Gambar 3).



Gambar 3. Fluktuasi Suhu Tanah Siang Harian

Nilai suhu pada ketinggian 1300 dan 1500m dpl menunjukkan fluktuasi yang hampir sama pada pertengahan pengamatan dan pada akhir pengamatan suhu pada ketinggian 1300m dpl kembali tinggi. Pada ketinggian 1670 dan 1800m dpl menunjukkan fluktuasi suhu yang tidak sama dengan ketinggian 1500 dan 1300m dpl, nilai suhu pada ketinggian 1670 dan 1800m dpl menunjukkan nilai yang hampir sama pada akhir pengamatan.



Gambar 4. Fluktuasi Suhu Udara Pagi Harian

Fluktuasi suhu tanah pagi menunjukkan nilai yang hampir sama dengan suhu tanah siang yaitu 2-3^{o}C, tetapi terdapat perbedaan yaitu suhu tanah pagi lebih sering mengalami fluktasi (Gambar 4) Pada ketinggian 1300m dpl terjadi fluktuasi suhu yang cukup tinggi pada 50-70 hari pengamatan dimana pada waktu tersebut suhu tanah pagi mencapai 20^{o}C, sedang fluktuasi suhu terendah terjadi pada ketinggian 1800m dpl di awal pengamatan dengan nilai 15^{o}C.

4.1.1.3 Delta Suhu

Delta suhu merupakan selisih dari nilai suhu siang dengan pagi, baik suhu udara maupun suhu tanah.

Tabel 3. Rata-rata Delta Suhu Udara dan Tanah

Ketinggian	Selisih Suhu Udara(^{o}C)	Selisih Suhu Tanah (^{o}C)
1800mdpl	9.96	2.59
1670mdpl	13.31	1.39
1500mdpl	9.07	0.27
1300mdpl	9.15	0.69

Delta suhu udara tertinggi didapat pada ketinggian 1670m dpl dengan nilai 13.31^{o}C, sedang pada ketinggian lainya relatif sama dengan nilai $\pm$9^{o}C, pada suhu tanah delta suhu tertinggi didapat pada ketinggian 1800m dpl dengan nilai 2,59^{o}C (Tabel 3).

Nilai delta suhu udara lebih tinggi diabandingkan dengan nilai delta suhu tanah, ini berkaitan dengan radiasi matahari yang langsung mengenai udara, sedang pada tanah harus melewati beberapa lapisan, yang pada tiap lapisan radiasi matahari akan diserap, sehingga semakin dalam tanah, jumlah radiasi yang didapatkan juga semakin kecil, yang berpengaruh pada delta suhu (Lakitan, 1997).

4.1.2 Variabel Pertumbuhan

Variabel pertumbuhan yang diamati meliputi Tinggi tanaman, Diameter Batang, Luas Daun, Berat Kering dan dua analisis pertumbuhan yaitu CGR (Crop Growth Rate) dan NAR (Net Assimilation Ratio). Variabel pertumbuhan diamati pada 35,45,55 dan 65 hst (hari setelah tanam).

4.1.2.1 Tinggi Tanaman

Suhu pada perlakuan ketinggian memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tinggi tanaman. Berdasarkan uji BNT (Tabel 4), dapat diketahui tinggi tanaman 65 hst pada ketinggian 1300m dpl berbeda nyata dengan ketinggian lainya.

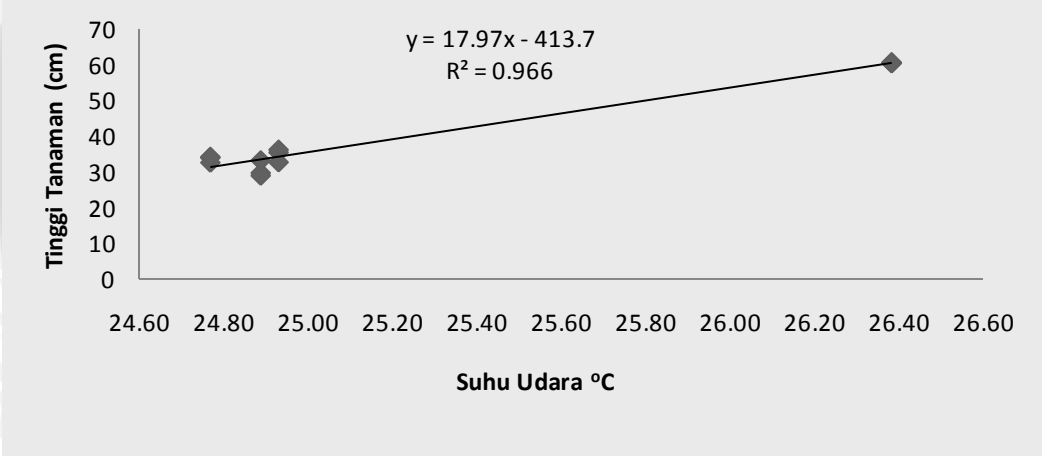
Tabel 4. Rata-rata Tinggi Tanaman pada berbagai ketinggian tempat, pada berbagai umur pengamatan

Ketinggian	Umur Pengamatan Tinggi Tanaman (cm)			
	35 hst	45 hst	55 hst	65 hst
1800m dpl	6,89 a	18,67 a	30,15 a	33,64 a
1670m dpl	12,33 b	17,22 a	28,58 a	34,83 a
1500m dpl	14,12 bc	22,6 b	27,8 a	30,67 a
1300m dpl	16,91 c	29,92 c	53,83 b	60,58 b
BNT 5%	4,03	2,52	3,13	3,45

Keterangan : Angka rerata yang diikuti oleh notasi yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5%

Hubungan antara suhu dan tinggi tanaman dicerminkan dalam nilai korelasi, dari 4 suhu yang diamati, terdapat dua korelasi yang nyata (p-*value* ≤, 0,05) yaitu suhu udara siang dan suhu tanah siang dengan nilai 0,98 dan 0,63, sedang suhu tanah dan udara malam korelasinya tidak nyata (Lampiran 10).

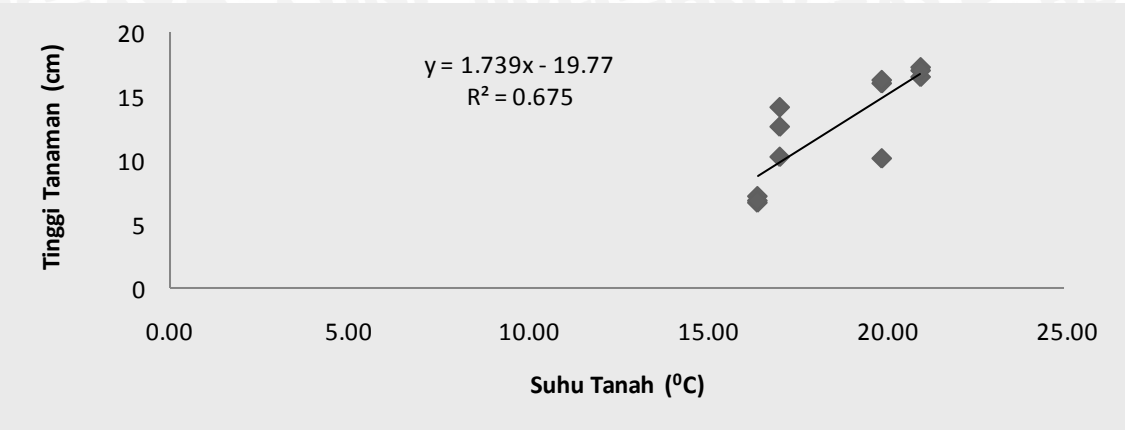
Suhu udara siang yang paling tinggi diantara ketinggian yang lainya, berpengaruh pada besarnya tinggi tanaman pada ketinggian 1300m dpl. Suhu udara yang tinggi akan meningkatkan laju fotosintesis sampai pada titik optimum, sehingga dengan laju fotosintesis yang tinggi, fotosintat untuk pertumbuhan juga akan semakin tinggi (Gardner *et.al* ,1991).



Gambar 5. Hubungan Suhu Udara Siang Dengan Tinggi Tanaman

Pengaruh suhu udara siang terhadap tinggi tanaman menunjukkan pengaruh yang positif dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,996 menunjukkan suhu udara siang sangat berpengaruh pada tinggi tanaman.

Untuk suhu tanah siang pengaruhnya terhadap tinggi tanaman adalaha mempercepat kemunculan tanaman di permukaan tanah, ini dapat dilihat pada ketinggian 1300m dpl, pada 35 hst, pada waktu tersebut ketinggian 1300m dpl mempunyai tinggi tanaman 16,91cm.



Gambar 6. Hubungan Suhu Tanah Siang Dengan Tinggi Tanaman

Pengaruh suhu tanah siang terhadap tinggi tanaman pengaruh yang positif dengan nilai R^2 sebesar 0,675 (Gambar 6), suhu tanah siang cukup mempengaruhi kemunculan tanaman di permukaan tanah. Menurut Moorby dan Milthorpe (1975) pada suhu tanah tinggi tunas tumbuh lebih cepat sehingga tanaman tumbuh lebih awal di atas permukaan tanah.

4.1.2.2 Diameter Batang

Suhu pada perlakuan ketinggian memberikan pengaruh signifikan terhadap diameter batang pada 65 hst. Rata-rata diameter batang tanaman 65 hst pada ketinggian 1300m dpl, dan 1670m dpl berbeda nyata dengan rata-rata diameter batang pada ketinggian 1800m dpl dan 1500m dpl.

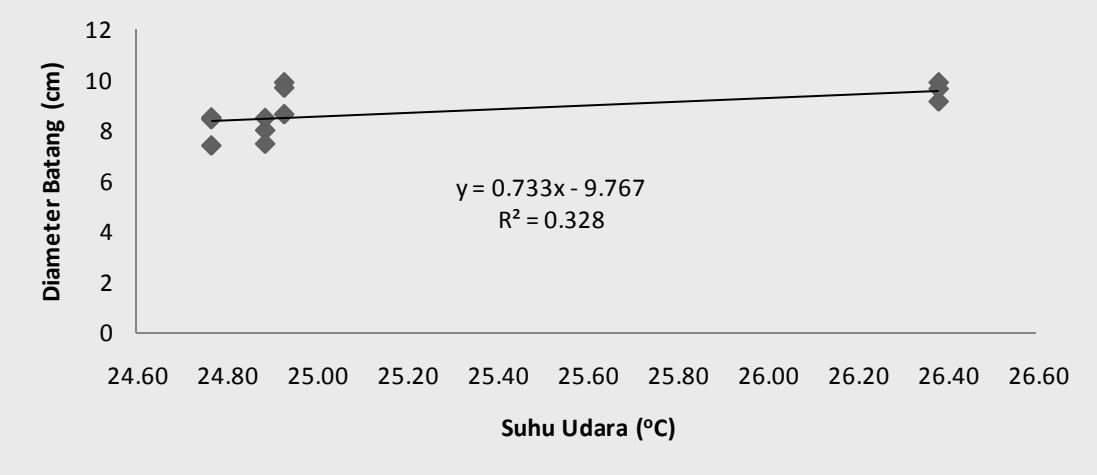
Tabel 5. Rata-rata Diameter Batang pada berbagai ketinggian tempat, pada berbagai umur pengamatan

Ketinggian	Umur Pengamatan Diameter Batang (mm)			
	35 hst	45 hst	55 hst	65 hst
1800m dpl	6,56	7,23	7,72	8,11 a
1670m dpl	5,92	7,59	8,56	9,39 b
1500m dpl	6,25	7,23	7,62	7,98 a
1300m dpl	6,83	7,75	8,41	9,54 b
BNT 5%	tn	tn	tn	1,24

Keterangan : Angka rerata yang diikuti oleh notasi yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5%, tn = tidak nyata

Nilai korelasi menunjukkan hanya suhu udara siang yang mempunyai korelasi nyata dengan diameter batang, nilai korelasinya sebesar 0.673 (kuat), sedang suhu tanah siang pagi, suhu udara malam korelasinya tidak nyata (Lampiran 10). Semakin tinggi suhu udara siang semakin besar diameter batang yang diamati, pengaruh suhu udara siang sebagai faktor yang mempercepat fotosintesis terlihat pada ketinggian 1300m dpl dan 1670m dpl yang mempunyai rata-rata suhu udara siang 26,38^{o}C dan 24,93 ^{o}C.

.



Gambar 7. Hubungan Suhu Udara Siang Dengan Diameter Batang

Suhu udara siang berpengaruh lemah terhadap pertumbuhan diameter batang, ini terlihat dengan nilai R^2 sebesar 0,328. Suhu udara meningkatkan perkembangan tanaman sampai batas tertentu. Hubungan suhu udara dengan pertumbunhan tanaman menunjukkan hubungan yang linear sampai batas tertentu, setelah tercapai titik maksimum (puncak) hubungan kedua variabel itu menunjukkan hubungan parabolik (Tjasyono, 1999). Dengan rata-rata suhu udara 26,38^{o}C pada ketinggian 1300m dpl, hal ini masih mampu untuk meningkatkan besar diameter batang dan pada suhu ini belum mengalami masalah penurunan pertumbuhan tanaman.

4.1.2.3 Luas Daun

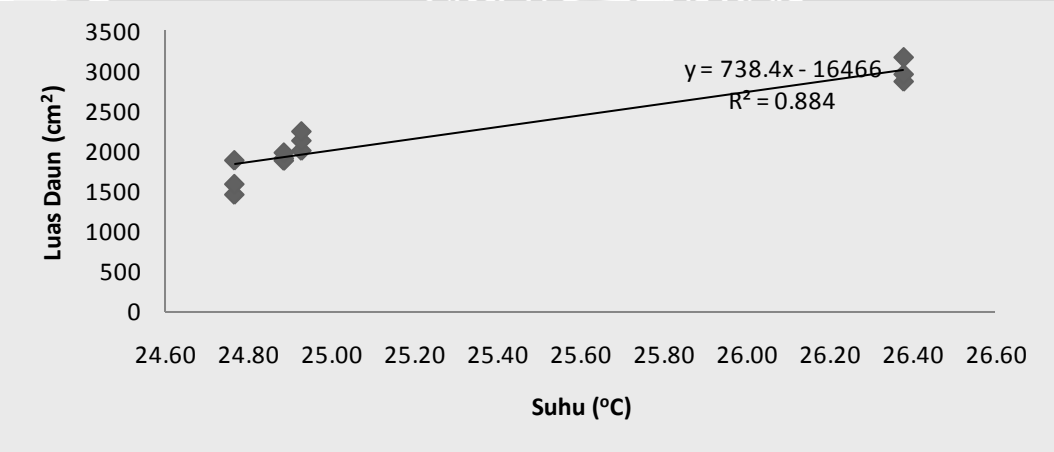
Suhu pada perlakuan ketinggian memberikan pengaruh yang signifikan terhadap Luas Daun tanaman pada 45,55 dan 65 hst. Rata-rata luas daun tanaman pada ketinggian 1300m dpl dan 1670m dpl berbeda nyata dengan rata-rata luas daun pada 45 dan 55hst sedang rata-rata luas daun tanaman pada ketinggian 1300m dpl berbeda nyata dengan ketinggian yang lain pada 65 hst, dengan luas 2997,19cm^2.

Tabel 6. Rata-rata Luas Daun pada berbagai ketinggian tempat, pada berbagai umur pengamatan.

Ketinggian	Umur Pengamatan Luas Daun (cm^2)			
	35 hst	45 hst	55 hst	65 hst
1800m dpl	237,267	390,03 a	609,60 a	1646,77 a
1670m dpl	609,600	1625,96 b	1884,07 b	2128,71 b
1500m dpl	466,670	523,29 a	733,26 a	1925,93 ab
1300m dpl	301,013	1712,94 b	1932,96 b	2997,19 c
BNT 5%	tn	385,39	347,86	339,94

Keterangan : Angka rerata yang diikuti oleh notasi yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5%, tn = tidak nyata

Nilai korelasi antara suhu dengan luas daun menunjukkan suhu udara pagi, suhu tanah pagi dan siang tidak berkorelasi nyata dengan luas daun. Luas daun berkorelasi nyata dengan suhu udara siang dengan nilai korelasi 0,94, ini menunjukkan korelasi yang sangat kuat (Lampiran 10).



Gambar 8. Hubungan Suhu Udara Siang Dengan Luas Daun

Dengan koefisien determinasi sebesar 0,884 (Gambar 8), membuktikan luas daun sangat dipengaruhi oleh suhu udara siang. Suhu udara siang yang berkorelasi positif dengan cahaya matahari yang akan menigkatkan laju fotosintesis, sehingga pertumbuhan tanaman lebih baik, salah satunya adalah luas daun (Basri, 1992).

4.1.2.4 Berat Kering Tanaman

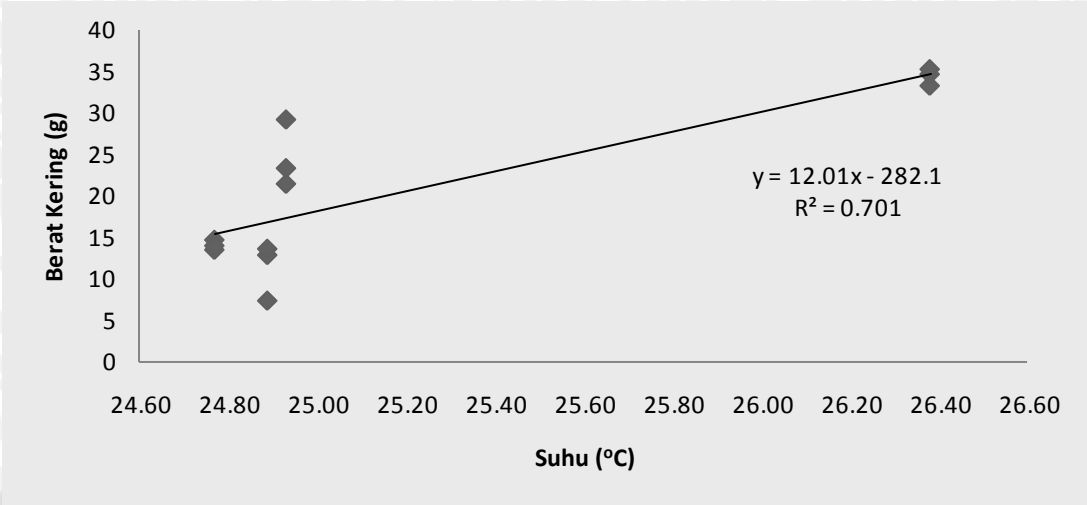
Menurut Taufiq (2000) berat kering tanaman (akar dan tajuk) menunjukkan tingkat efesiensi metabolisme dari tanaman tersebut. Berat kering total hasil panen tanaman merupakan penimbunan hasil bersih CO_2 selama pertumbuhan (Gardner *et. al* 1991). Semakin tinggi bobot kering maka reaksi metabolisme semakin baik karena tanaman memiliki daun yang kokoh sehingga proses fotosintesis berjalan lancar.

Tabel 7. Rata-rata Berat Kering Tanaman pada berbagai ketinggian tempat, pada berbagai umur pengamatan

Ketinggian	Umur Pengamatan Berat Kering (g)			
	35 hst	45 hst	55 hst	65 hst
1800m dpl	2,63 a	6,62 a	8,17 a	14,07 a
1670m dpl	4,20 a	14,54 c	18,67 b	24,73 b
1500m dpl	6,15 ab	9,91 b	10,59 a	11,27 a
1300m dpl	7,90 b	17,23 c	31,07 c	34,53 c
BNT 5%	3,52	3,01	5,02	4,64

Keterangan : Angka rerata yang diikuti oleh notasi yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5%, tn = tidak nyata

Suhu pada perlakuan ketinggian memberikan pengaruh yang signifikan terhadap Berat Kering Tanaman. Pada umur pengamatan 45,55,65 hst, berat kering 1300m dpl berbeda nyata dengan ketinggian yang lainya, dengan nilai berat kering 17,23, 31,07 dan 34,53g. Ketinggian 1670m dpl menempati urutan ke dua dengan berat 24,73g pada 65 hst (Tabel 7). Berat kering ini didapat dari bagian tanaman kecuali umbi, sehingga semakin besar berat kering menunjukkan variabel pertumbuhanya semakin tinggi juga. Pada ketinggian 1300m dpl mempunyai berat kering tertinggi, dikarenakan Tinggi Tanaman, Diameter Batang, dan Luas daun mempunyai nilai tertinggi.



Gambar 9. Hubungan Suhu Udara Siang Dengan Berat Kering Tanaman

Hubungan suhu udara siang dengan berat kering tanaman didapat melalui pertumbuhan tanaman (daun, batang, tinggi tanaman), diamana hasil pertumbuhan yang tinggi akan meningkatkan hasil fotosintesis yang meningkatkan berat kering tanaman. Nilai korelasi sebesar 0,83 (Lampiran 10) menunjukkan hubungan yang erat antara suhu udara siang dengan berat kering tanaman dan dalam grafik dapat dilihat dengan koefisien determinasi sebesar 0,701 (Gambar 9) berat kering tanaman cukup dipengaruhi oleh suhu udara siang.

4.1.2.5 CGR (*Crope Growth Rate*) dan NAR (*Net Asimilation Ratio*)

Suhu pada perlakuan ketinggian memberikan pengaruh yang signifikan terhadap CGR, dan tidak berpengaruh signifikan terhadap NAR.

Rata-rata CGR pada ketinggian 1300m dpl berbeda nyata dengan ketinggian 1500, 1670 dan 1800m dpl. Rata-rata CGR tertinggi pada ketinggian 1300m dpl sebesar 0,4,23, sedangkan rata-rata CGR terendah pada ketinggian 1500m dpl sebesar 1,14 (Tabel 8). Rata-rata NAR (asimilasi relatif) pada ketinggian 1300, 1500, 1670 dan 1800m dpl tidak berbeda signifikan, diamana NAR tertinggi terdapat pada ketinggian 1670m dpl dengan nilai 0,3623 mg/cm^2/hari, ini menunjukkan bahwa pada ketinggian 1670m dpl menghasilkan asimilasi

bersih paling efektif dibandingkan dengan ketinggian 1300m dpl yang mempunyai luas daun tertinggi.

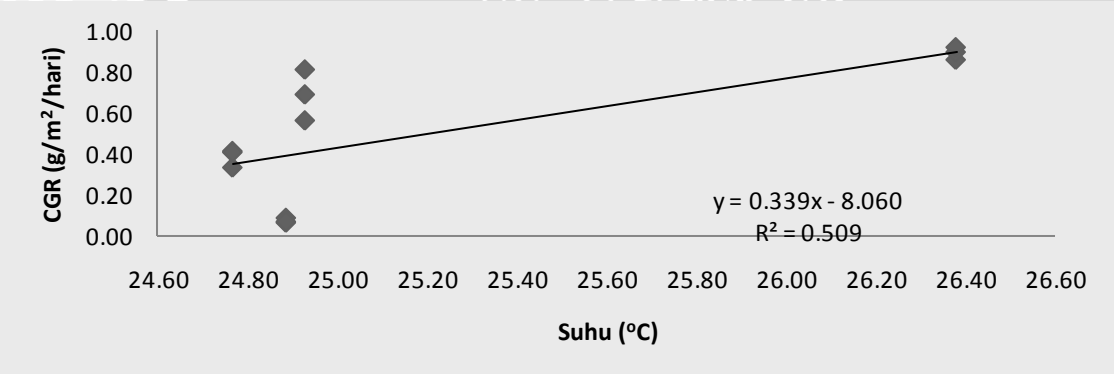
Tabel 8. Rata-rata CGR dan NAR pada berbagai ketinggian tempat.

Ketinggian	CGR (g/m^2/hari)	NAR (mg/cm^2/hari)
1800m dpl	1,82 b	0,3081
1670m dpl	3,26 c	0,3623
1500m dpl	1,14 a	0,1721
1300m dpl	4,23 d	0,3298
BNT 5%	0,63	tn

Keterangan : Angka rerata yang diikuti oleh notasi yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5%, tn = tidak nyata

CGR adalah kemampuan tanaman menghasilkan bahan kering hasil asimilasi tiap satuan bobot kering tiap satuan waktu, dalam penelitian ini CGR menunjukkan laju penambahan bobot kering dalam interval waktu 30 hari dimulai dari 35-65hst. CGR teringgi pada ketinggian 1300m dpl dipengaruhi oleh rata-rata suhu udara siang tertinggi sebesar 26,38^oC serta didukung oleh berat kering tertinggi dari awal sampai akhir (35-65hst).

Nilai korelsi antara suhu dengan CGR menunjukkan suhu tanah pagi, siang dan suhu udara pagi tidak berkorelasi nyata dengan CGR, hanya suhu udara siang yang berkorelasi nyata dengan nilai 0,714, menunjukkan korelasi yang kuat.



Gambar 10. Hubungan Suhu Udara Siang Dengan CGR

Hubungan suhu udara siang dengan CGR tanaman, menunjukkan hubungan yang cukup kuat dan cukup berpengaruh dengan koefisien determinasi sebesar 0,509. Suhu udara siang yang tinggi mempengaruhi pertumbuhan melalui kecepatan fotosintesis, yang akan menaikkan berat kering dimana juga menaikkan laju pertumbuhan CGR). Sementara hubungan suhu tanah siang dengan CGR menunjukkan hubungan yang lemah dengan nilai korelasi 0,17.

4.1.3 Variabel Panen

Variabel panen yang diamati meliputi, bobot umbi segar (ton/ha), jumlah umbi, dan diameter umbi (mm). Hasil variabel panen ini juga dianalisis menggunakan anova, dan jika perlakuan memberikan pengaruh signifikan maka akan dilakukan uji BNT.

Tabel 9. Rata-rata Bobot Umbi Segar, Jumlah dan Diameter Umbi pada berbagai ketinggian tempat.

Ketinggian	Bobot Umbi Segar (Ton/Ha)	Rata-rata Jumlah Umbi	Rata-rata Diameter Umbi (mm)
1800m dpl	19,82 a	6	38,97
1670m dpl	26,85 b	9	37,57
1500m dpl	20,73 a	7	34,87
1300m dpl	26,40 b	9	40,03
BNT 5%	5,38	tn	tn

Keterangan : Angka rerata yang diikuti oleh notasi yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5%, tn = tidak nyata

Rata-rata bobot umbi segar pada ketinggian 1670m dpl dan 1300m dpl berbeda nyata dengan 1800m dpl dan 1500m dpl. Menurut Ashandhi dan Gunadi (1989) tanaman kentang menghendaki suhu yang berbeda untuk setiap periode pertumbuhan. Daerah dengan suhu maksimum 30^{o}C dan suhu minimum 15^{o}C sangat baik untuk pertumbuhan tanaman kentang daripada daerah dengan suhu yang relatif konstan, yaitu 24 ^{o}C. Pertumbuhan yang baik akan menghasilkan bobot umbi segar yang baik juga, dalam hal suhu terlihat bahwa selisih suhu udara malam dan siang mempengaruhi bobot umbi segar, ini menunjukkan selisih suhu maksimum dan minimum sebesar 15^{o}C.

Ketinggian 1670m dpl mempunyai selisih suhu yang paling besar 13,31^{o}C, walaupun tidak mempunyai suhu udara siang tertinggi, tetapi mempunyai suhu udara malam terendah sebesar 11,62^{o}C, sedang pada ketinggian 1300m dpl yang mempunyai

bobot umbi segar pada urutan ke dua mempunyai selisih suhu udara 9,15^{o}C (urutan ke tiga), tetapi pada ketinggian 1300m dpl mempunyai suhu udara siang tertinggi yang menunjang besarnya bobot umbi segar pada ketinggian ini (Tabel 3).

Suhu tanah pada empat tempat penelitian tidak menjadi masalah dalam pembentukan umbi, karena suhu tertinggi hanya sebesar 20,98^{o}C, Menurut Krauss dan Marschner (1984), suhu tanah yang lebih tinggi dari 24^{o}C menyebabkan aktivitas beberapa enzim yang berperan dalam metabolisme pati tertekan sehingga terjadi penurunan kadar pati pada umbi dan secara langsung menghambat perombakan gula menjadi pati. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa akumulasi bahan kering dapat tertunda pada suhu tanah lebih dari 24^{o}C dan sangat terganggu pada suhu tanah 33^{o}C karena sebagian besar karbohidrat dikonsumsi untuk respirasi, akibatnya, karbohidrat yang digunakan untuk pertumbuhan berkurang. Selain itu salah satu proses pembentukan umbi adalah translokasi asimilat dari bagian vegetatif (daun, batang), yang berada diatas permukaan tanah (Moorby *and* Milthorpe 1975), sehingga pengaruh suhu udara lebih dominan daripada suhu tanah.

4.2 Pembahasan

Suhu merupakan faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman, terdapat dua suhu, yaitu suhu tanah dan suhu udara. Midmore (1984) menyatakan bahwa suhu tanah tidak hanya mempengaruhi hasil, tetapi juga mempengaruhi saat tumbuh, saat inisiasi, bentuk daun, jumlah daun, dan struktur percabangan. Suhu tanah siang dan malam yang rendah mempercepat pertumbuhan tanaman, sedangkan suhu tanah siang dan malam tinggi memperlambat tumbuhnya tanaman di atas tanah. Suhu tanah siang hari lebih berpengaruh dibandingkan dengan suhu tanah malam hari. Suhu tanah tinggi pada siang hari (40^{o}C) menurunkan laju pertumbuhan umbi, sedangkan suhu tinggi malam hari (26^{o}C) tidak berpengaruh, sedang dalam penelitian ini suhu tanah cukup rendah dengan suhu tanah siang tertinggi 20,98^{o}C, sehingga suhu tanah cukup baik untuk pertumbuhan tanaman. Pengaruh suhu tanah tinggi terhadap bobot kering umbi mempunyai hubungan erat dengan pertumbuhan vegetatif tanaman. Indeks panen pada tanaman yang tumbuh dengan suhu tanah lebih tinggi selama

pertumbuhannya rata-rata 10% lebih rendah dibandingkan dengan yang tumbuh pada suhu tanah yang lebih rendah (Burton, 1981).

Suhu udara berkorelasi positif dengan radiasi matahari, dimana semakin meningkatnya hal tersebut akan diikuti oleh menigkatnya fotosintesis sampai pada batas tertentu (Anonymous[d],2013). Hal ini menggambarkan hasil pertumbuhan pada ketinggian 1300m dpl yang mempunyai hasil pertumbuhan paling tinggi. Hasil variabel pertumbuhan pada ketinggian 1300m dpl rata-rata mempunyai hasil pertumbuhan yang lebih tinggi daripada ketinggian tempat yang lainya, mulai dari tinggi tanaman,(60,58 cm), diameter batang (9,54 mm), luas daun (2997,19 cm) , berat kering (34.53 g) maupun CGR (04,23 g/m^2/hari). Hal ini berhubungan dengan suhu udara siang yang tinggi, dimana berkorelasi dengan penyinaran matahari, sehingga meningkatkan fotosintesis, yang akan berdampak pada hasil umbi panen. Suhu udara siang pada ketinggian 1300m dpl, mempunyai rata-rata 26,38^oC, yang merupakan rata-rata tertinggi untuk suhu udara siang

Hasil dari variabel pertumbuhan mempunyai hubungan dengan hasil panen, dalam hal ini adalah bobot umbi segar, yang merupakan variabel panen yang signifikan dibandingkan dengan jumlah atau diameter umbi, sehingga yang akan di bahas dalam tulisan ini adalah produktivitas dalam hal bobot umbi segar (ton/ha).

Pengaruh dari variabel pertumbuhan dengan bobot umbi segar dapat dilihat dalam regresi berikut :

$$\mathbf{Y = - 12,99 + 0,003317\ X1 + 3,965\ X2 – 0,1374\ X3}$$

Y = Bobot umbi segar (ton/ha)
X1 = Luas Daun (cm^2)
X2 = Diameter Batang (mm)
X3 = Tinggi Tanaman (cm)
R^2 = 0,764

Model regresi diatas mempnyai nilai *p-value* sebesar 0,007 ($\leq$ 0,05), sehingga mempunyai pengaruh signifikan terhadap bobot umbi segar yang dimodelkan, selain itu model regersi tersebut mempunyai koefisien determinasi sebesar 0,764, yang menunjukkan hasil panen dipengaruhi sangat kuat oleh variabel pertumbuhan. Model regresi diatas secara umum memberikan gambaran hubungan antara variabel pertumbuhan dengan hasil panen,

dimana diameter batang dan luas daun memberikan laju peningkatan positif pada hasil panen.

Menurut Dwidjoseputro (1986), organ utama tumbuhan tempat berlangsungnya fotosintesis adalah daun. Tumbuhan menangkap cahaya menggunakan pigmen yang disebut klorofil yang memberi warna hijau pada tumbuhan. Klorofil terdapat dalam organel yang disebut kloroplas, dimana fotosintesis berlangsung tepatnya pada bagian stroma. Meskipun seluruh bagian tubuh tumbuhan yang berwarna hijau mengandung kloroplas, namun sebagian besar energi dihasilkan di daun. Lovatt (1997) menambahkan, umbi berkembang dari stolon yang tumbuh dari batang utama atau batang sekunder. Umbi dapat dikatakan sebagai bagian dari batang yang digunakan untuk penimbunan karbohidrat. Zat hasil fotosintesis akan disimpan dalam organ penyimpanan, antara lain di batang. Karbohidrat pada batang berperan sangat penting yaitu sebagai sumber energi yang dibutuhkan pada waktu pembentukan akar baru. (Budisma, 2013)

Ketinggian 1300m dpl, mempunyai hasil pertumbuhan yang tinggi pada diameter batang dan luas daun, yang dalam model regresi akan berkorelasi positif dengan peningkatan hasil panen umbi, tetapi dalam hal ini masih terdapat faktor pembatas pada hasil translokasi fotosintat, yaitu suhu udara malam yang tinggi, karena terdapat hubungan antara suhu udara dengan hasil panen umbi.

$$\mathbf{Y = - 102 – 1{,}55\ X1 + 5{,}86\ X2}$$

Y = Bobot umbi segar (ton/ha)
X1 = suhu udara pagi
X2 = suhu udara siang
R^2= 0,63

Suhu udara pagi yang meningkat akan mengurangi berat umbi, hal inilah yang menjadi pembatas hasil bobot umbi segar pada ketinggian 1300m dpl, walaupun mempunyai hasil pertumbuhan yang tinggi, tetapi hasil panen tertinggi terdapat pada ketinggian 1670m dpl, karena mempunyai suhu udara pagi yang paling rendah. Bobot umbi segar tertinggi didapat pada ketinggian 1670m dpl dengan 26.85 ton/ha, lalu diikuti

ketinggian 1300,1500,1800mdpl dengan 26,4, 20,73 dan 19,82 ton/ha (Tabel 9). Sejalan dengan pendapat Borah dan Milthorpe (1983), suhu tinggi menghambat pembentukan umbi karena sebagian besar asimilat digunakan untuk perpanjangan batang, akar, dan stolon, sedangkan sebagian kecil digunakan untuk pembentukan umbi. Hal ini terjadi pada ketinggian 1300m dpl, hasil tinggi tanaman yang paling tinggi (60,58 cm), membuat translokasi fotosintat sebagian dialihkan untuk perpanjangan batang, yang akhirnya menghambat translokasi fotosintat ke umbi. Seharusnya dengan hasil pertumbuhan yang paling tinggi, ketinggian 1300m dpl dapat menghasilkan bobot umbi segar yang paling tinggi, tapi hal ini terhambat oleh hasil pertumbuhan tinggi tanaman.

Menurut Marinus dan Bodlaender (1975), varietas yang diuji tidak menghasilkan umbi pada suhu udara siang 30^{o}C (diasumsikan suhu kritis siang) dan suhu udara malam 20^{o}C (diasumsikan suhu kritis malam). Pembentukan umbi kentang ada hubungannya dengan saat inisiasi umbi (pembentukan stolon). Menurut Moorby (1978), pembentukan stolon belum pasti akan berubah menjadi umbi karena bisa berubah tumbuh ke atas menjadi batang, hal ini yang terjadi pada ketinggian 1300m dpl, dimana stolon berubah menjadi batang. Hal itu dapat terjadi karena adanya gangguan suhu. Umbi yang terbentuk didukung oleh suhu rendah dan tersedianya air dan unsur hara yang cukup yang menyebabkan meningkatnya jumlah umbi.

Di dataran rendah suhu pada siang hari dapat mencapai 35^{o}C dan pada malam hari 24^{o}C. Hambatan utama pembentukan umbi adalah suhu udara diatas 25^{o}C. Suhu yang tinggi merangsang peningkatan hormon giberelin (GA) yang selanjutnya akan menunda dan memperlambat proses pembentukan umbi. Hasil penelitian Duaja (2000) menunjukkan bahwa pemberian Giberelin lewat daun menghambat inisiasi umbi dan dapat mengurangi laju dan lama pengisian umbi serta menurunkan indeks panen dan jumlah umbi konsumsi.

Ketinggian 1670m dpl mempunyai rata-rata suhu udara terendah dan juga fluktasi terendahnya dapat mencapai 10^{o}C, hal ini cukup baik untuk pengubahan amilum menjadi gula yang akhirnya membuat ketinggian tersebut mempunyai bobot umbi segar tertinggi hal ini sesuai pendapat Purvis dan Yelenosky (1983), pada umumnya suhu yang rendah memiliki pengaruh yang baik bagi pengubahan amilum menjadi gula., sumber karbohidrat

yang terdapat di dalam daun akan terkumpul di dalamnya pada saat tumbuhan berada pada kondisi dengan suhu rendah. Suhu udara malam untuk pertumbuhan umbi lebih penting dibandingkan dengan suhu siang, berat umbi akan meningkat dengan menurunnya suhu malam.

Sejalan dengan pendapat Slater (1988), suhu rendah pada malam hari diperlukan dalam proses translokasi karbohidrat dari atas ke bawah. Suhu optimum malam hari untuk pembentukan umbi berkisar antara 12-17^{o}C dan umbi tidak akan terbentuk pada suhu 35^{o}C, karena suhu tinggi menyebabkan kecepatan tumbuh lebih tinggi, dengan demikian, fotosintat lebih banyak digunakan untuk pertumbuhan tanaman daripada ditranslokasikan ke stolon untuk membentuk umbi. Menurut Ewing (1981), tekanan suhu tinggi dapat menurunkan hasil umbi kentang melalui dua hal, pertama, rendahnya laju fotosintesis dalam penyediaan asimilat untuk seluruh pertumbuhan tanaman dan, kedua, mengurangi distribusi karbohidrat ke umbi sehingga hasilnya rendah.