

Pengembangan Kolektor Energi Surya Dengan Pelat Gelombang sebagai Komponen Pemanas Air

WINARTO

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Malang. Jl. Semarang 5 Malang

E-mail : winarto.fmipa@um.ac.id

TEL: - ; FAX: -

ABSTRAK: Pemanfaatan radiasi surya secara sederhana hingga saat ini belum menunjukkan perkembangan yang berarti dalam meningkatkan produktifitas dan kualitas hidup masyarakat. Mahasiswa terlebih yang mengikuti PPG dan SM3T perlu mendapatkan pengetahuan dan ketrampilan praktis dalam memanfaatkan radiasi surya sebagai sumber energi terbarukan (*renewable*) untuk menggantikan sumber energi konvensional (*unrenewable*) yang jumlahnya semakin berkurang. Agar radiasi surya dapat dimanfaatkan secara optimal, diperlukan peralatan yang dapat mengumpulkan dan menampung radiasi, salah satunya adalah kotak kolektor radiasi surya. Penelitian ini bertujuan mengembangkan model kolektor energi surya yang efektif dapat menjerat gelombang infra merah dari radiasi surya. Permukaan gelombang dalam kolektor berfungsi memantulkan radiasi ke fokus kelengkungan sehingga dapat memanaskan air di dalam pipa hitam yang dipasang sejajar sepanjang garis fokus pelat gelombang. Kemampuan kolektor pelat gelombang (KPG) dalam memanaskan air dibandingkan dengan dengan kolektor pelat datar (KPD) dicatat setiap sela 10 menit mulai pukul 09.00 hingga pukul 15.00. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa KPG lebih efektif memanaskan air dibandingkan dengan KPD. Pada KPG dapat mencapai suhu air 75°C sementara pada KPD hanya mencapai 47°C , hal ini didukung oleh hasil Uji-t untuk efektifitas kedua kolektor dengan harga $t_{hitung} : 7.316 > t_{tabel} : 1.67$ dengan dk (36:5%).

Kata Kunci: Radiasi surya, kolektor plat gelombang (KPG), pemanas air

PENDAHULUAN

Energi merupakan kebutuhan pokok dalam kehidupan. Tidak ada kegiatan macam apapun di dunia ini yang bisa terjadi tanpa digerakkan oleh energi. Salah satu sumber energi alam yang mudah diperoleh dan berlimpah adalah radiasi surya (matahari). Letak geografis Indonesia di daerah tropis memungkinkan mendapatkan radiasi surya sepanjang tahun, merupakan potensi energi alam yang sangat besar. Potensi ini tentunya akan tetap tinggal sebagai potensi yang tidak ada nilainya apabila tidak dieksploitasi dan dimanfaatkan.

Perkembangan teknologi tenaga surya dalam arti kata yang seluas-luasnya selalu dibahas dari titik tolak keadaan dan kemampuan teknologi kotemporer. Sastroamidjojo (1991) mengemukakan pandangan umum tentang teknologi energi surya sebagai berikut:

“Proyeksi ke tahun-tahun depan selalu berkesimpulan bahwa teknologi tenaga matahari belum dewasa dan belum dapat dipakai untuk menggantikan sumber-

sumber tenaga dalam orde besaran berjuta-juta kilo watt”.

Pernyataan di atas memberikan dorongan untuk menyelidiki lebih lanjut berbagai aspek dari keadaan energi surya di Indonesia khususnya, dan di negara-negara di dunia pada umumnya, untuk selanjutnya menyelidiki kemungkinan untuk mengganti energi konvensional seperti minyak dan gas bumi dengan energi terbarukan yaitu radiasi surya.

Pemanfaatan energi surya secara tradisional hingga saat ini belum menunjukkan hasil yang lebih efektif dibandingkan dengan alat-alat pembangkit energi lainnya (Abdul Kadir, 1987). Untuk dapat memanfaatkan radiasi surya secara efektif diperlukan peralatan yang mampu menyimpan dan mengumpulkan energi pada suhu yang cukup tinggi yang selanjutnya dapat dimanfaatkan dalam sistem pemanas atau sistem produksi energi. Peralatan-peralatan yang demikian ini pada dasarnya dapat dibedakan menjadi tiga kelas yaitu: 1) Kolektor Pelat, 2)

Konsentratot, 3) Pembangkit Termoelektrik solar, (Raldiarsono, 1992).

Kedua jenis peralatan yang pertama menggunakan radiasi surya untuk memanaskan sebuah benda kerja, sedangkan yang terakhir mengubah energi radiasi surya menjadi energi listrik dengan sel-sel foto elektrik atau dengan termoelektrik. Dalam kehidupan sehari-hari, untuk memenuhi kebutuhan hidup selalu terdapat berbagai kegiatan yang menyangkut proses pemanasan dan pengeringan yang dapat dilakukan dengan berbagai sumber energi, misalnya memasak makanan, memanaskan air, mengeringkan pakaian, mengeringkan hasil pertanian, dan sebagainya.

Dewasa ini pemerintah sedang menggalakkan pemerataan pendidikan hingga daerah terjauh, terdepan, dan tertinggal (3T) melalui program SM3T (Sarjana Mengajar di daerah Terjauh, Terdepan, dan Tertinggal) dan peningkatan mutu guru di daerah 3T tersebut dengan program PPG (Pendidikan Profesionalitas Guru) (Permendikbud No. 87/2012 No. 49/2014). Target yang ingin dicapai dalam program PPG antara lain untuk menciptakan tenaga pendidik yang ;1) Unggul dalam Kompetensi Pedagogik, 2) Unggul dalam Penguasaan Bidang Keahlian, 3) Unggul dalam Kompetensi Kepribadian, 4) Unggul dalam Kompetensi Sosial, 5) Disertai dengan: Karakter Kuat dan Cerdas, Cinta Tanah Air, Memiliki jiwa “kesepenuhhatian” dan “kemurahhatian” dalam melaksanakan tugas kependidikan. Sementara program SM3T diharapkan dapat membantu mengatasi kekurangan guru di daerah 3T, membentuk karakter kuat (tangguh - tanggon) dan memperkuat kompetensi sosial-kepribadian, menyiapkan guru masa depan yang berjiwa patriotik dan Bhineka Tunggal Ika. Kedua program tersebut berupaya mempersiapkan tenaga pendidik yang tangguh untuk bertugas di daerah yang jauh bahkan tertinggal dari perkembangan teknologi selayaknya dikota-kota besar di Indonesia. Untuk itu mereka perlu dibekali dengan teknologi tepat guna untuk dapat mengeksploitasi sumber daya alam yang ada disekitarnya

untuk mengejar ketertinggalan yang dialami selama ini.

Salah satu teknologi tepat guna yang perlu dijadikan bekal agar dapat survive dan dapat mengembangkan daerah tertinggal adalah teknik pemanfaatan radiasi surya untuk komponen pemanas. Berbagai pertimbangan telah mendasari untuk mengembangkan kolektor radiasi surya ini, mengingat telah banyak alat pembangkit energi surya secara modern tetapi tidak dapat dengan mudah diterapkan dalam kehidupan masyarakat karena keterbatasan fasilitas serta mahalnya bahan-bahan yang diperlukan. Desain kolektor ini dipertimbangkan sederhana mungkin sesuai dengan kemampuan dan fasilitas yang ada terutama sekali untuk ukuran daerah tertinggal.

METODE DAN PROSEDUR PENGEMBANGAN

Radiasi Energi oleh Benda Kerja. Radiasi ialah: Emisi (pancaran) yang tidak putus-putus dari permukaan benda. Energi semacam ini disebut energi pancar (radian energi) dan berwujud gelombang elektromagnetik yang sifatnya identik dengan gelombang cahaya, gelombang radio, atau sinar-X. Bedanya hanya terletak pada panjang gelombangnya. Gelombang ini bergerak dengan kecepatan cahaya baik melalui ruang hampa maupun lewat udara (Sears, 1982).

Energi pancar yang dikeluarkan oleh suatu permukaan persatuan waktu dan persatuan luas tergantung dari sifat permukaan dan suhunya. Tyndall untuk pertama kalinya mengadakan pengukuran kalor yang dipindahkan oleh radiasi antara suatu benda dengan lingkungannya. Berdasarkan percobaan ini diambil kesimpulan oleh Stefan, bahwa kalor yang diradiasi berbanding lurus dengan pangkat empat dari perbedaan temperatur mutlak. Hasil percobaan ini kemudian ternyata bias diturunkan secara termodinamis oleh Boltzmann yang menunjukkan bahwa pemancaran radian suatu benda pada sebarang suhu dapat dirumuskan dalam Hukum Stefan-Boltzmann sebagai berikut: (Zemansky, 1986)

$$HR = e \sigma T^4$$

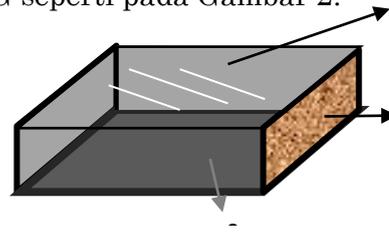
(Keterangan: HR = Banyaknya energi pancar persatuan luas persatuan waktu, T = Suhu mutlak, σ = Konstanta Stefan-Boltzmann, $5.8703 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$, dan e = Daya pancar (emissivitas yang besarnya antara 0 dan 1 tergantung pada sifat permukaan). Dari keadaan diatas dapat ditentukan lebih lanjut jumlah netto pengurangan atau penambahan energi persatuan waktu persatuan luas akibat radiasi (HR). Bila suhu suatu benda kerja T1 dan dikelilingi dinding bersuhu T2, dapat dirumuskan: HR bersih = $e \sigma (T_1^4 - T_2^4)$).

Kolektor Pelat Datar (KPD). Ide dasar dari KPD adalah memanfaatkan sifat benda hitam dalam mengabsorpsi radiasi surya. Apabila permukaan hitam dan kasar berada pada ruangan tembus cahaya yang dikenai radiasi surya maka udara yang berada dalam ruangan tersebut akan menerima radiasi energi panas dari benda kerja. Sketsa desain KPD seperti pada Gambar 1.

KPD merupakan peralatan yang berfungsi mengumpulkan radiasi surya sehingga menghasilkan energi kalor yang berlipat ganda. Radiasi surya yang menembus penutup diserap oleh dasar hitam kolektor dan memanaskan udara yang terjebak di dalam kolektor. Selanjutnya udara panas ini dapat dipergunakan untuk berbagai keperluan pemanasan maupun pengeringan di dalam ruangan dengan menggunakan aliran konvektif.

Kolektor Pelat Gelombang(KPG). Ide dasar KPG sama dengan KPD, hanya saja pada KPD menggunakan prinsip penyerapan kalor, berbeda pada KPG menggunakan prinsip pemantulan radiasi surya. Bagian utama pada KPG adalah permukaan multi lengkung setengah lingkaran memanjang (setengah silinder) terbuat dari aluminium mengkilap. Radiasi surya yang jatuh pada setiap lengkungan akan dipantulkan pada garis fokus setengah silinder dengan jarak titik fokus pada setengah jari-jari kelengkungan. Akibatnya pada garis-garis fokus tersebut akan terkumpul kalor yang dapat digunakan untuk pemanasan, misalnya untuk memanaskan air di dalam

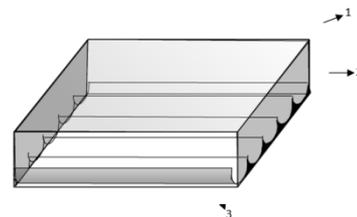
pipa hitam yang dipasang segaris dengan fokus-fokus lengkungan. Sketsa desain KPG seperti pada Gambar 2.



Gambar 1. Sketsa Kolektor Pelat Datar (KPD)

Keterangan:

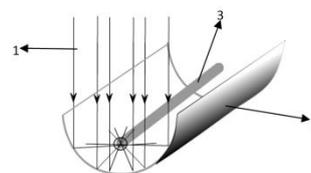
1. Penutup tembus cahaya (plastik PVC atau kaca)
2. Dinding isolator
3. Dasar Kolektor berwarna hitam



Gambar 2. Sketsa Kolektor Pelat Gelombang (KPG)

Keterangan:

1. Penutup tembus cahaya (plastik PVC atau kaca)
2. Dinding isolator
3. Dasar Kolektor terdiri atas lengkungan setengah silinder terbuat dari lembaran aluminium mengkilap.



Gambar 3. Sketsa Proses Terjadinya Garis Fokus pada Lengkung Setengah Silinder KPG

Keterangan:

1. Berkas radiasi surya
2. Bidang reflektor lengkung setengah lingkaran
3. Garis fokus tempat pengumpulan kalor

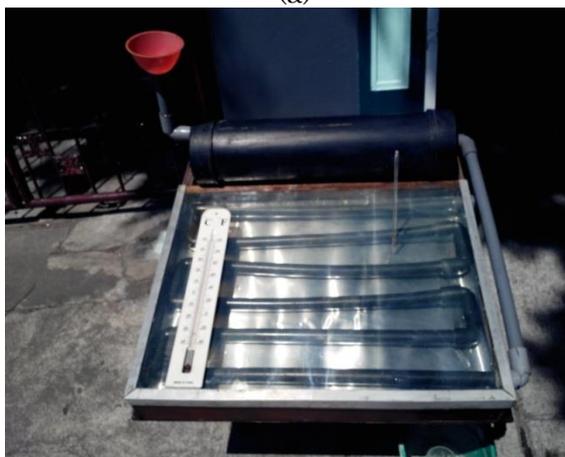
Proses pemantulan radiasi surya dan pembentukan garis fokus pada lengkungan setengah silinder ditunjukkan Gambar 3. Apabila di sepanjang garis

fokus diletakkan suatu bahan/benda, maka akan terjadi proses pemanasan secara optimal.

Pemanas Air dengan KPG. Mengacu pada kemampuan bidang lengkung untuk memantulkan/mengumpulkan radiasi surya pada garis fokus maka dapat dikembangkan alat pemanas air, yaitu dengan meletakkan pipa berisi air pada garis fokus tersebut. Agar lebih efektif maka pipa yang digunakan dicat hitam dan diatur sambung menyambung agar kapasitas air yang dipanaskan cukup banyak. Untuk lebih jelasnya, konstruksi pemanas air tersebut dapat digambarkan sebagai berikut:



(a)



(b)

Gambar 4. (a) Konstruksi Pemanas Air Energi Surya dengan KPG dan (b) Konstruksi dengan KPD

Dari Gambar 4a. Konstruksi pemanas dipasang sedikit miring ke arah matahari, dimaksudkan untuk mendapatkan intensitas radiasi maksimal dan mengatur proses konveksi dalam

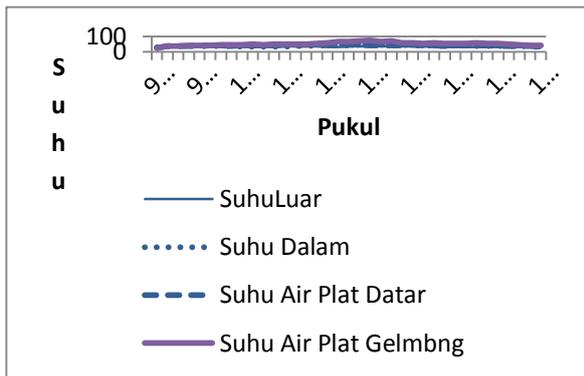
sistem. Tampak bahwa pipa hitam berkelok berisi air dari tandon berupa tabung hitam sebelah atas diletakkan pada garis fokus pelat gelombang. Harapannya agar pipa berada pada garis fokus dan menyerap kalor lebih banyak, dengan demikian proses pemanasan dapat berlangsung lebih efektif. Air yang sudah panas, secara konvektif akan berpindah ke saluran pipa di atasnya untuk selanjutnya dapat dikeluarkan melalui keran di bawah kolektor pada ember penampung. Gambar 4b. menunjukkan konstruksi pemanas menggunakan pelat datar aluminium sebagai pembanding dalam penelitian ini.

Sesuai dengan tujuan penelitian ini yaitu mengembangkan pemanas air energi surya dan efektivitasnya, maka dilakukan pengukuran variable suhu di luar maupun di dalam sistem pemanas baik ketika memakai KPD maupun memakai KPG. Suhu yang diukur adalah: (1) suhu diluar pemanas, (2) suhu di dalam kolektor, (3) suhu air dengan KPD, dan (4) suhu air dengan KPG. Keempat variable tersebut kemudian dibandingkan dengan menggunakan Uji-t untuk cuplikan kembar.

HASIL PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN

Pengembangan Pemanas Air Energi Surya dilakukan dengan memadukan KPG dengan rangkaian penampung air berupa pipa paralon hitam dan tabung tandon (Gambar 4a.)

Serangkaian pengukuran suhu pada sistem pemanas dilakukan untuk menyelidiki efektivitas kerja pemanas dengan KPG dibandingkan dengan pemanas dengan KPD. Data tentang suhu di luar kolektor, di dalam kolektor, suhu air dengan KPD, dan suhu air dengan KPG digrafikkan pada Gambar 5, (data lengkap terlampir)



Gambar 5. Grafik suhu luar, suhu dalam, suhu air plat datar (KPD), dan suhu air plat gelombang (KPG) pada rentang waktu pukul 09.00 hingga pukul 15.00.

Untuk menyelidiki efektivitas kolektor dilakukan dengan membandingkan antara suhu dalam kolektor dengan suhu udara luar. Analisis statistic dengan Uji-t menggunakan program SPSS dihasilkan seperti pada Tabel 1.

Dari table diperoleh bahwa $t_{hitung} : 11.929 > t_{table} : 1.67$ dengan $df = (36:5\%)$, hal ini menunjukkan bahwa kolektor telah bekerja secara efektif dalam mengumpulkan radiasi surya.

Untuk menyelidiki efektivitas KPD dilakukan dengan membandingkan antara suhu dalam kolektor dengan suhu air dengan KPD. Analisis statistic dengan Uji-t menggunakan program SPSS dihasilkan seperti pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Uji-t untuk Suhu Dalam vs Suhu Luar

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 Suhu Dalam - Suhu Luar	5.83784	2.97689	.48940	4.84529	11.929	36	.000	

Tabel 2. Hasil Uji-t untuk Suhu Air KPD vs Suhu Dalam

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 Suhu Air Datar - Suhu Dalam	2.94595	4.04795	.66548	1.59629	4.29560	4.427	36	.000

Dari table diperoleh bahwa $t_{hitung} : 4.427 > t_{table} : 1.67$ dengan $df = (36:5\%)$, hal ini menunjukkan bahwa KPD telah bekerja secara efektif dalam meningkat suhu air dalam pemanas.

Untuk menyelidiki efektivitas KPG dilakukan dengan membandingkan antara suhu dalam kolektor dengan suhu air dengan KPG. Analisis statistic dengan Uji-t menggunakan program SPSS dihasilkan seperti pada Tabel 3.

Dari table diperoleh bahwa $t_{hitung} : 10.788 > t_{table} : 1.67$ dengan $df = (36:5\%)$, hal ini menunjukkan bahwa KPG telah bekerja secara efektif dalam meningkat suhu air dalam pemanas.

Untuk menyelidiki efektivitas pemanas KPG dilakukan dengan membandingkan antara suhu air KPG dan suhu air KPD . Analisis statistic dengan Uji-t menggunakan program SPSS dihasilkan seperti pada Tabel 4.

Tabel 3. Hasil Uji-t untuk Suhu Air KPG vs Suhu Dalam

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pai Suhu AirGlm b - Suhu Dalam	1.33243E1	7.51315	1.23515	10.81931	15.82933	10.788	36	.000

- peningkatan suhu luar yang selalu diikuti perubahan suhu dalam kolektor secara signifikan.
- Pemanas air KPG bekerja lebih efektif dari pemanas air KPD. Hal ini secara kasat mata dapat dilihat dari grafik pencapaian suhu pada Gambar 5.
- Hasil analisis statistic Uji-t untuk efektivitas pemanas air KPG dibandingkan dengan pemanas air KPD, diperoleh bahwa $t_{hitung}: 7.316 > t_{table} : 1.67$ dengan $df = (36:5\%)$, hal ini menunjukkan bahwa Pemanas KPG bekerja lebih efektif dalam meningkatkan suhu air.

Untuk pengembangan dan penelitian lebih lanjut tentang Pemanas Air Energy Surya ini dapat disarankan hal-hal sebagai berikut:

- Kolektor dibuat dengan ukuran lebih besar, demikian pula jari-jari bidang lengkungnya, yang diikuti dengan bertambah panjangnya pipa dan kapasitas air dapat ditingkatkan.
- Agar air panas dapat dipakai pada malam dan pagi hari pemanas perlu dilengkapi dengan sistem control suhu (thermostat) yang dapat mengatur secara otomatis manakala suhu air telah mencapai suhu tertentu, untuk disimpan di dalam termos.
- Agar kolektor bekerja secara lebih efektif, perlu dihindari kebocoran dinding kolektor.
- Kolektor Pelat Gelombang dapat disarankan sebagai kolektor pada sistem pengering, mengingat efektivitasnya dalam mengumpulkan radiasi surya.

Tabel 4. Hasil Uji-t untuk Suhu Air KPG vs Suhu Air KPD

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pai Suhu AirGlm b - Suhu AirDatar	1.03784E1	8.62925	1.41864	7.50124	13.25551	7.316	36	.000

Dari table diperoleh bahwa $t_{hitung}: 7.316 > t_{table} : 1.67$ dengan $df = (36:5\%)$, hal ini menunjukkan bahwa Pemanas KPG bekerja lebih efektif dalam meningkatkan suhu air dalam pemanas dibandingkan dengan Pemanas KPD.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengukuran perbedaan suhu pada sistem pemanas yang telah dikembangkan dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

- Desain kolektor baik KPD maupun KPG telah bekerja secara efektif. Hal ini dapat dilihat pada grafik

DAFTAR PUSTAKA

Abdul Kadir, 1987, *Energi dari Matahari*, Bandung:Teknika, No.02. Th. Ke I.
 Bambang TS, 2000, *Statistik sebagai Alat Analisis Data Penelitian*. Malang: FMIPA UM.
 Exell,R.H.B, 1981, *Basic Desain Theory for Simple Solar Dryer*. Bandung: Proceedings, Regional Asia and Pasific Workshop.
 Raldiariono, 1987, *Solar Concentrator*. Bandung: Teknika, No. 01, Th. I.



- Sastroamidjojo, 1990, *Indonesia di Persimpangan Jalan Tenaga Matahari*. Bandung: Suplemen Proceedings ITB.
- Sears, at all, 1990, *Mechanics, Heat and Sound*, terj. Sudarjana, Jakarta: Binacipta.
- Zemansky, 1986, *Kalor dan Termodinamika*. Bandung: Penerbit ITB.
- _____, www.kemdiknas.go.id/kemdikbud/tag/SM3T

LAMPIRAN**Tabel Perubahan suhu di luar dan didalam pemanas pada rentang waktu pukul 09.00 – 15.00**

Pukul	SuhuLuar	SuhuDalam	SuhuDatar	SuhuGlbng
9.00	32	30	25	25
9.20	33	37	39	39
9.40	31	36	39	41
10.00	30	37	43	45
10.10	29	36	40	45
10.20	30	35	41	47
10.30	31	35	42	48
10.40	33	34	43	47
10.50	32	35	43	48
11.00	34	35	45	49
11.10	35	36	44	49
11.20	37	39	45	52
11.30	35	40	50	53
11.40	33	40	53	60
11.50	33	43	46	65
12.00	34	43	47	67
12.10	34	44	45	70
12.20	35	45	42	75
12.30	36	45	43	68
12.40	34	44	42	69
12.50	35	44	42	57
13.00	34	43	44	58
13.10	34	42	42	56
13.20	33	42	40	57
13.30	33	38	39	55
13.40	32	40	40	55
13.50	33	40	41	56
14.00	32	38	40	57
14.20	32	37	39	54
14.30	31	36	38	49
14.40	31	36	39	45
14.50	30	34	39	40
15.00	29	33	35	40