

## **PEMBUATAN DAN PENGUJIAN PROTOTIPE DESALINASI BERTENAGA SURYA YANG DIKOMBINASIKAN DENGAN LAMPU ULTRAVIOLET DAN SISTEM OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER**

Muhammad Sabilul Rosyad, Indras Marhaendrajaya, dan Heri Sutanto  
Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang  
E-mail: [muhammadsabilulrosya@students.undip.ac.id](mailto:muhammadsabilulrosya@students.undip.ac.id)

Received: 1 Januari 2024; revised: 11 Januari 2024; accepted: 15 Januari 2024

### **ABSTRACT**

*The lack of availability of clean water quantitatively is due to 97% of the water on earth is sea water, with a salt content of seawater of around 35000 mg/L causing the water to be unable to be used directly without prior treatment. One of the efforts that can be done to overcome the clean water crisis is through seawater desalination to produce water with low salinity. Several desalination methods that have existed are MSF (Multi Stage Flash Distillation) and Reverse Osmosis. But both of these methods have a high cost. Therefore, we need a method that is cheaper and easier to implement such as distillation. In this research, seawater desalination process uses the distillation method combined with a vacuum pump, electric stove and ultraviolet lamp. The use of a vacuum pump in the distillation system can speed up the evaporation process of seawater. Ultraviolet lamps function to degrade heavy metal pollutants and remove harmful bacteria. To maximize the performance of the tool, an electric stove with an automation system is added with solar panels as its energy source. Analysis of the tests carried out included the construction of the prototype, characterization and calibration of the LDR (Light Dependent Resistor) sensor and Arduino UNO microcontroller, total energy production and use, water production speed, and water quality. The results obtained include a prototype of seawater desalination. The characterization and calibration of the sensor in the automated system that the LDR sensor is running accurately, together with the Arduino UNO microcontroller, the LDR sensor can be an automation system that can make the prototype turn on and off automatically. The use of ultraviolet lamps shows that ultraviolet lamps have a photon energy of 3.0 eV and are able to work in visible light. The use of solar panels as an energy source can make an energy efficient prototype. This tool technology can increase water productivity up to 2 times and water quality shows a decrease in several pollutant parameters in distilled water including TDS (Total Dissolve Solid) of 99.7%, electrical conductivity of 99.987%, salinity of 99.93% , total coliform was 100%, and heavy metals Pb was 82.47%, Cd was 60.33%, Cu was 100%, Fe was 96.1%, Cr was 90.33%, and Zn was 98.9% , and the pH of seawater became neutral from 7.5 to 6.9. This prototype technology has the potential to be applied to the community.*

**Keywords:** *Seawater, Desalination, LDR Sensor, Heavy Metal*

**ABSTRAK**

Kurangnya ketersediaan air bersih secara kuantitatif disebabkan 97% air di bumi merupakan air laut, dengan kadar garam air laut sekitar 35000 mg/L menyebabkan air tersebut tidak dapat langsung dipergunakan tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi krisis air bersih adalah melalui desalinasi air laut untuk menghasilkan air dengan salinitas rendah. Beberapa metode desalinasi yang pernah ada adalah MSF (Multi Stage Flash Distillation) dan Reverse Osmosis. Tetapi kedua metode ini memiliki biaya yang tinggi. Oleh karena itu, diperlukan metode yang lebih murah dan mudah untuk diterapkan seperti destilasi. Pada penelitian ini, proses desalinasi air laut menggunakan metode destilasi yang dikombinasikan dengan pompa vakum, kompor listrik dan lampu ultraviolet. Penggunaan pompa vakum dalam sistem destilasi dapat mempercepat proses evaporasi air laut. Lampu ultraviolet berfungsi mendegradasi bakteri berbahaya. Untuk memaksimalkan kinerja alat, ditambahkan kompor listrik dengan sistem otomatis dengan panel surya sebagai sumber energinya. Analisis pengujian yang dilakukan meliputi pembuatan prototipe, karakterisasi sensor LDR (Light Dependent Resistor) dan pemrograman mikrokontroler arduino UNO, total produksi energi dan penggunaannya, kecepatan produksi air, dan kualitas mutu air. Hasil yang didapatkan meliputi prototipe desalinasi air laut bertenaga surya, berbasis pompa vakum, kompor listrik, ultraviolet dan sistem otomatis. Karakterisasi dan kalibrasi sensor pada sistem otomatis didapatkan sensor LDR dapat berjalan akurat, bersama dengan mikrokontroler arduino UNO, sensor LDR menjadi sistem otomatis yang dapat menjadikan prototipe akan hidup dan mati secara otomatis. Pada penggunaan lampu ultraviolet menunjukkan bahwa sinar lampu ultraviolet memiliki energi foton sebesar 3,0 eV dan mampu bekerja pada cahaya tampak. Penggunaan panel surya sebagai sumber energi dapat menjadikan prototipe hemat energi. Dari teknologi alat ini dapat meningkatkan produktivitas air hingga 2 kali lipat dan kualitas air menunjukkan penurunan beberapa parameter pencemar pada air hasil destilasi meliputi TDS (Total Dissolve Solid) sebesar 99,7%, daya hantar listrik sebesar 99,987%, salinitas sebesar 99,93%, total coliform sebesar 100%, dan logam berat Pb sebesar 82,47%, Cd sebesar 60,33%, Cu sebesar 100%, Fe sebesar 96,1 %, Cr sebesar 90,33%, dan Zn sebesar 98,9%, serta pH air laut menjadi netral dari 7,5 menjadi 6,9. Teknologi prototipe ini berpotensi untuk diaplikasikan pada masyarakat.

**Kata Kunci:** Air Laut, Desalinasi, Sensor LDR, Logam Berat

**PENDAHULUAN**

Air bersih merupakan persyaratan paling penting untuk aktivitas manusia. Kurangnya air bersih secara kuantitatif disebabkan oleh 97% air di bumi adalah air laut. Air laut memiliki kandungan garam rata-rata 35%. Ini berarti bahwa untuk setiap satu liter air laut terdapat 35

gram garam yang larut di dalamnya. Tingkat salinitas yang tinggi ini membuat air laut tidak dapat dikonsumsi secara langsung, sehingga pengolahan perlu dilakukan terlebih dahulu. Selain itu, kadar air tawar juga menurun karena pembangunan berkelanjutan tanpa memperhatikan lingkungan sehingga

meminimalkan area resapan air hujan. Kandungan air tawar dalam tanah semakin menipis karena diambil secara terus menerus sehingga lebih banyak air laut diserap ke dalam tanah menggantikan posisi air tawar.

Di dunia, rata-rata lautan air laut memiliki salinitas 3,5%, yang berarti bahwa untuk setiap liter air laut ada 35 gram garam yang larut di dalamnya. Kandungan garam utama yang ditemukan dalam air laut termasuk klorida (55%), natrium (31%), sulfat (8%), magnesium (4%), kalsium (1%), kalium (1%) dan sisanya (kurang dari 1%) terdiri dari bikarbonat, bromida, asam boraks, strontium, dan fluorida. Adanya garam ini mempengaruhi sifat fisik air laut seperti kepadatan, kompresibilitas dan pembekuan. Air dengan salinitas tentu tidak dapat dikonsumsi.

Air laut dengan tingkat salinitas tinggi sebenarnya dapat digunakan sebagai salah satu solusi untuk memenuhi kebutuhan air bersih dengan memisahkan kandungan garam mineral yang dilarutkan dengan air melalui desalinasi. Teknologi desalinasi telah digunakan dengan cepat selama beberapa dekade terakhir di seluruh dunia untuk menghasilkan air minum bersih dari air laut untuk meningkatkan kualitas pasokan air bersih yang sudah ada untuk konsumsi manusia. Beberapa metode desalinasi air yang pernah ada adalah MSF (Multi Stage Flash Distillation) dan Reverse Osmosis. Tetapi kelemahan dari kedua metode ini adalah memiliki biaya investasi yang tinggi. Oleh karena itu, diperlukan

metode yang lebih murah, dan lebih mudah diterapkan seperti penyulingan.

Salah satu metode desalinasi yang ada adalah Destilasi. Destilasi merupakan metode pemisahan air laut dengan garam dengan memanaskan air laut dan memanfaatkan sinar matahari untuk menghasilkan uap air, yang kemudian dikondensasi untuk menghasilkan air bersih. Destilasi dapat memisahkan garam mineral seperti natrium klorida (NaCl), kalsium karbonat, magnesium sulfat, dan magnesium bromida dari senyawa air (H<sub>2</sub>O) sehingga air bersih dihasilkan dengan nilai total zat padat terlarut atau TDS (Total Dissolved Solid) kecil. Destilasi juga memiliki kemampuan untuk mengurangi konsentrasi berbagai jenis polutan termasuk padatan tersuspensi, logam berat, bahan organik, ion dan radionuklida. Namun, dalam penerapannya metode destilasi konvensional membutuhkan waktu yang cukup lama dan terdapat banyak air yang jatuh kembali ke dalam wadah penguapan selama proses kondensasi [1].

Meningkatkan perbedaan temperatur antara penutup air merupakan fokus utama ketika mencoba untuk meningkatkan laju kondensasi, akibatnya produktivitas yang masih meningkat. Ini dapat dilakukan dengan menurunkan suhu penutup air atau meningkatkan suhu air. Pasokan film air yang kontinu diumpankan di atas penutup untuk mengurangi suhu. Tetapi metode ini membutuhkan peningkatan wadah air ke tingkat bagian tertinggi dari diam atau menggunakan air pompa. Oleh karena itu, menggunakan pompa vakum

pada sistem Destilasi adalah solusi yang tepat. Pompa air merupakan mesin atau peralatan mekanis yang digunakan untuk meningkatkan cairan dari dataran rendah ke dataran tinggi atau untuk mengalirkan cairan dari area bertekanan rendah ke area bertekanan tinggi. Pompa air dapat menjadi laju aliran pendorong pada sistem jaringan perpipaan sehingga kecepatan air lebih cepat. Dengan mengeksploitasi sifat pompa vakum yang ditempatkan di sistem destilasi ini, ia dapat mempercepat peningkatan suhu air dan air menguap lebih cepat.

Lampu ultraviolet telah menarik banyak perhatian karena penerapannya dalam dekolonisasi bakteri dan polutan berbahaya seperti pewarna, bahan kimia, dan gas beracun. Sinar UV dapat menggantikan sinar matahari dalam mensterilkan hasil penguapan air laut terhadap bakteri yang tersisa setelah proses penguapan. Penggunaan UV dengan lampu merkuri tekanan sedang dapat menghasilkan keluaran radiasi ultraviolet yang lebih besar daripada lampu bertekanan rendah merkuri mematikan untuk mikroorganisme protozoa, virus, dan ganggang [2].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan optimalisasi produktivitas air tawar dengan metode Destilasi menggunakan pompa vakum dan lampu ultraviolet sebagai akselerator dan degradasi dengan aktivitas yang digerakkan oleh cahaya tampak yang baik dan secara efektif menyelesaikan desalinasi dengan masalah metode Destilasi [3]. Dengan menggunakan pompa vakum dan lampu ultraviolet, air laut dapat menguap lebih cepat dan

meningkatkan produktivitas dan kualitas air tawar.

### **METODE PENELITIAN**

Teknologi ini terbuat dari stainless steel dan aluminium, penggunaan aluminium bertujuan untuk menahan panas yang diterima sehingga sistem lebih cepat panas dan sebagai konduktor yang baik untuk menerima panas dari kompor listrik. Dengan bahan-bahan ini, panas dapat disalurkan dengan baik ke air laut sehingga proses desalinasi dapat berlangsung lebih cepat.

Pompa vakum digunakan untuk akselerator dan mempercepat proses penguapan air laut. Pompa vakum yang digunakan adalah pompa jenis pompa vakum rocker 300 oil. Pompa vakum ini ditempatkan di sudut atas wadah air evaporasi berbentuk balok. Pompa vakum dapat menyedot dan mengalirkan uap air yang diterima melalui air dalam proses penguapan air laut sehingga air dari proses desalinasi diterima lebih banyak dan proses desalinasi dapat berlangsung lebih cepat [4].

Lampu ultraviolet digunakan untuk menghasilkan sinar ultraviolet. Lampu ultraviolet yang digunakan adalah lampu ultraviolet dengan tingkat sterilisasi 180 gpm (tekanan sedang). Lampu ultraviolet ini ditempatkan di wadah air penguapan. Sinar ultraviolet dapat mensterilkan hasil penguapan bakteri dan mikroorganisme protozoa air laut, virus dan alga yang tersisa setelah proses penguapan [5]. Sehingga kami mendapatkan hasil air bersih yang keluar melalui keran ke reservoir air bersih.

Proses Destilasi dilakukan pada skala laboratorium. 5 L air laut dimasukkan ke

dalam gelas dan kemudian ditutup di atasnya dengan kotak yang diberi lampu ultraviolet dan dikombinasikan dengan pompa vakum. Tes teknologi yang dilakukan meliputi uji kecepatan proses desalinasi dan uji kualitas air hasil desalinasi termasuk logam berat. Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS), adaptor konduktivitas listrik dan uji multimeter, uji pH meter, uji salinitas Meter salinitas, TDS tester kekeruhan dan uji MPN (Most Probably Number) dari total bakteri coliform dan E-coli.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini dibahas bagaimana memformat judul, penulis, dan afiliasi. Silakan ikuti instruksi ini dengan hati-hati agar semua artikel dalam konferensi memiliki gaya yang sama dengan halaman judul. Paragraf ini mengikuti bagian judul sehingga tidak boleh diindentasi.

### 3.1. Uji evaporasi laju kecepatan produksi air

Untuk menentukan kecepatan produksi air, dalam pengujian teknologi ini dilakukan efek penggunaan pompa vakum sebagai parameter tetap yang terus berjalan selama proses desalinasi. Pengujian produktivitas air dilakukan dengan menggunakan kapasitas awal 5 liter air laut.

**Tabel 1.** Menunjukkan efek menggunakan pompa vakum pada kapasitas air. Dapat dilihat bahwa dalam 30 menit pertama setelah pemanasan destilasi tanpa menggunakan pompa vakum, air yang dihasilkan adalah 200 mL, dibandingkan dengan Destilasi menggunakan pompa vakum, air yang

dihasilkan adalah 400 mL, penggunaan pompa vakum ini dapat meningkatkan produktivitas air yang dihasilkan dua kali lipat Destilasi. Hal ini terjadi karena penggunaan pompa vakum dapat memfokuskan arah uap air yang dihasilkan [4]. Berbeda dari tanpa menggunakan pompa air di mana arah uap air menyebar ke beberapa bagian seperti dinding wadah penguapan sehingga memperlambat proses produksi air.

**Tabel 1.** Efek menggunakan pompa vakum pada kapasitas air.

Waktu Desalinasi tanpa pompa	Volume tanpa pompa	Volume dengan pompa
30 menit	200 mL	400 mL
60 Menit	450 mL	950 mL
90 menit	650 mL	1400 mL
120 menit	900 mL	1950 mL

### 3.2. Analisis Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)

Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) (**Gambar 1**) adalah salah satu jenis analisis spektrofotometri di mana dasar pengukurannya adalah pengukuran penyerapan sinar oleh atom, cahaya yang tidak diserap, ditransmisikan dan diubah menjadi sinyal listrik yang diukur. AAS pertama kali diperkenalkan oleh Welsh (Australia) pada tahun 1955. AAS adalah metode yang populer untuk analisis logam, karena selain sederhana, ia juga sensitif dan selektif. [6].



**Gambar 1.** Atomic absorption spectrophotometry (AAS).

**Tabel 2.** menunjukkan hasil uji spektrofotometri serapan atom logam berat. Dapat dijelaskan bahwa pengujian parameter kimia ini mencakup pengujian logam berat Pb, Cd, Cu, dan Fe yang diuji menggunakan metode pengujian AAS (Atomic Absorption Spectrophotometry). Dari hasil pengujian logam berat AAS diperoleh hasil meliputi, Pb menurun 82,47%, Cd sebesar 60,33%, Cu sebesar 100%, dan Fe sebesar 96,1%.

**Tabel 2.** Uji spektrofotometri serapan atom logam berat.

Uji Unit Standar	Air laut	Destilasi	Ultraviolet + Destilasi
Pb ppm	0,05	0,399	0,072
Cd ppm	0,005	0,121	0,053
Cu ppm	1,0	0,03	0
Fe ppm	1	7,4285	1,4491

3.3. Analisis salinitas meter dan analisis multimeter adaptor

**Gambar 2.** menunjukkan analisis multimeter adaptor dan **Gambar 3.** Menunjukkan analisis salinitas meter



**Gambar 2.** Analisis multimeter adaptor.



**Gambar 3.** Analisis salinitas meter.

**Tabel 3.** menunjukkan data hasil pengujian konduktivitas listrik. Hasil uji konduktivitas listrik air sebelum diproses adalah 16,47 mS sedangkan air setelah pengolahan adalah 0,22 mS. Ada penurunan nilai saat ini dari 99,987%. Nilai saat ini dapat menurun karena tingkat ion garam dan logam berat dari air telah berkurang. Titik didih air kecil dibandingkan dengan titik didih garam. Ini menghasilkan air yang lebih cepat dibandingkan dengan garam mineral. Dalam solusi yang membantu menghantarkan arus listrik adalah ion [7].

**Tabel 3.** Data hasil pengujian konduktivitas listrik.

Sampel	Salinitas	Unit	Metode
Air Laut	16,47	mS	
Air Destilasi	0,3	mS	Instrumen
Air Destilasi	0,22	mS	Adaptor dan UV

**Tabel 4.** menunjukkan data hasil pengujian salinitas. Semakin banyak ion dalam air, semakin besar nilai saat ini. Sebaliknya, semakin sedikit ion dalam air, semakin kecil nilainya saat ini. Dengan menurunkan nilai konduktivitas listrik, ini juga menunjukkan bahwa air menjadi hambar karena kandungan garam ionik telah berkurang menjadi padatan sehingga tidak dapat menghantarkan listrik lagi. Ini juga dibuktikan dengan berkurangnya salinitas air laut [8]. Dapat dilihat bahwa perawatan menggunakan lampu ultraviolet dapat mengurangi salinitas dengan efisiensi 99,93%.

**Tabel 4.** Data hasil pengujian salinitas.

Sampel	Salinitas	Unit	Metode
Air Laut	29.460	ppm	Instrumen
Air Destilasi	165	ppm	Salinity meter
Air Destilasi dan UV	20,7	ppm	

*3.4. Analisis pH meter*

**Tabel 5.** menunjukkan data hasil pengujian konsentrasi pH. Hasil uji pH air sebelum pengolahan adalah 7,5 sedangkan air setelah pengolahan adalah 6,9. Penurunan nilai pH ke pH 7 (netral). Endapan kotoran yang membuat air menjadi asam menghasilkan peningkatan pH [9]. Selain itu, dengan adanya sinar ultraviolet itu memicu penurunan pH dekat pH 7 (netral).

**Tabel 5.** Data hasil pengujian konsentrasi pH.

.Sampel	Nilai pH	Metode
Air Laut	7,5	Instrumen
Air Destilasi	6,5	pH meter digital
Air Destilasi dan UV	6,9	

*3.5. Analisis Uji Total Dissolved Solid (TDS)*

**Tabel 6.** Data hasil pengujian padatan terlarut. Hasil tes total untuk padatan terlarut sebelum pemrosesan adalah 5670 ppm sedangkan air setelah perlakuan adalah 17 mg/L. Ada penurunan nilai total padatan terlarut 99,7%. Fungsi Destilasi dapat mengurangi nilai padatan terlarut. Padatan terlarut dipertahankan dengan garam mineral selama proses penguapan. Massa pengotor yang lebih besar dari massa partikel air yang menguap menyebabkan partikel-partikel pengotor terangkut bersama dengan uap air [10].

**Tabel 6.** Data hasil pengujian padatan terlarut.

Sample	Nilai TDS	Unit	Metode
Air Laut	5670	mg/L	Instrumen
Air Destilasi	22	mg/L	TDS meter digital
Air Destilasi dan UV	17	mg/L	

**3.6. Analisis Most Probably Number (MPN)**

**Tabel 7.** menunjukkan data hasil pengujian jumlah total bakteri coliform yang paling mungkin. Hasil uji bakteri untuk total coliform air sebelum diproses adalah 8400 MPN / 100 mL sedangkan air setelah pengolahan 0 MPN / 100 mL. Ada penurunan nilai bakteri coliform total 100%. Selama proses desalinasi, air laut dipanaskan sehingga menyebabkan beberapa bakteri yang ditemukan di air laut mati karena pengaruh suhu tinggi. Selain itu, kehadiran lampu ultraviolet juga dapat mengurangi jumlah bakteri yang ada dalam air. Sinar ultraviolet memiliki energi foton 3,2 eV yang dapat membunuh bakteri dalam air [11].

**Tabel 7.** Data hasil pengujian jumlah total bakteri coliform yang paling mungkin.

Sample	Kuantitas	Unit	Metode
Air Laut	8400	MPN/100 mL	0,399
Air Destilasi	3000	MPN/100 mL	0,121
Air Destilasi dan UV	0	MPN/100 mL	7,4285

**KESIMPULAN**

Destilasi air laut menggunakan pompa vakum dan lampu ultraviolet telah berhasil dilakukan. Sebuah studi sistematis tentang pengaruh pompa vakum dan konten lampu ultraviolet pada perubahan suhu air laut dan produktivitas air selama Destilasi dan aktivitas ultraviolet dalam menurunkan polutan berbahaya telah dilakukan. Dari pengujian pompa vakum, perubahan produktivitas air

meningkat, dapat disimpulkan bahwa penggunaan pompa vakum mempengaruhi air dalam meningkatkan produktivitas air. Dari data AAS, dapat dilihat bahwa lampu ultraviolet dapat mengurangi kandungan logam berat. Dari hasil tes bakteri, dapat dilihat bahwa bakteri yang terkandung berkurang dan mati. Analisis kualitas menunjukkan bahwa lampu ultraviolet diletakkan di permukaan atap, mendegradasi bakteri dan polutan berbahaya melalui proses radiasi ultraviolet. Hasil pengujian kualitas air menunjukkan bahwa destilasi air laut dengan aktivitas ultraviolet lebih baik daripada metode destilasi air laut konvensional.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Cammack R 2006 Oxford Dictionary of Biochemistry and Molecular Biology (New York: Oxford University Press)
- [2] Tose H Q, Ma S Y, Khranovskyy Z M., Gao, J. M and Zhu H B 2014 Microstructure and Raman scattering of ultraviolet lights deposited on buffer layers *J. Cryst. Growth* **394** 132–136
- [3] Vignesh K, Suganthi A, Rajarajan M, Sara S A 2012 Ultraviolet activity under visible light irradiation *Powder technology* **224** 331-337
- [4] Zhang V, Ekblad T, Yakimova R and Hultman L 2012 Surface morphology effects on the light-controlled wettability of ultraviolet nanostructures *Applied Surface Science* **258** 8146-8152
- [5] Yonghao W, et al 2009 Ultraviolet-light-induced bactericidal mechanism on single crystals *Chem. Commun* **44** 6783–6785
- [6] Nakajima A, et al 2008 Strong room-temperature ultraviolet emission from

- nanocrystalline atomic absorption spectrophotometry ultrasonic spray pyrolysis *Applied Surface Science* **255** 2052-2056
- [7] Rif'an M, Pramono S H, Shidiq M, Yuwono R, Suyono H and Suhartati F 2012 *Optimization of Utilization of Solar Energy Electricity in the Department of Electrical Engineering* (Malang: Brawijaya University) p 44-48
- [8] Banedic S A 2016 Enhanced solar still performance using a vacuum pumps on the distillation *Nineteenth International Water Technology Conference* **32** 124-133
- [9] Haros M H and Sheibani R 2013 Nanostructure ultraviolet lights coating on box prepared by lamp lights deposition process: Application for removal of mercaptan *J. Industrial Chem.* **19** 161-165
- [10] Sin J C, Abdullah A Z, Liu K, Mohamed A R 2012 Degradation of wastewaters containing organic dyes Ultraviolet Lights oxide: a review *Desalination and Water Treatment* **41** 131-169
- [11] Watanabe, Sun R D, Lam S M, Fujishima A T and Hashimoto K 2011 Photoinduced Surface Wettability Conversion of Ultraviolet Lights *J. Phys. Chem. B* **105** 1984-1990