

Rancang Bangun Sistem Sterilisasi Alat-alat Kedokteran secara Otomatis

Mohammad Yusuf Rakhmatullah, Ir. Welina Ratnayanti Kawitana, Akif

Rakhmatillah, S. T., M. T.

Program S1 Teknobiomedik, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi,

Universitas Airlangga

Abstrak

Sterilisasi adalah pemusnahan atau pengeliminasian semua mikroorganisme, termasuk spora bakteri, yang sangat resisten. Virus dan bakteri dari tangan manusia saat proses sterilisasi serta pengaruh udara bebas atau proses sterilisasi yang kurang optimal menyebabkan alat kedokteran kurang steril. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu instrumen yang dapat melakukan proses sterilisasi basah, pengeringan dan penyimpanan secara otomatis tanpa terpengaruh tangan manusia dan udara bebas. Telah dilakukan rancang bangun sistem sterilisasi alat-alat kedokteran secara otomatis yang memiliki tiga bagian utama, yaitu sterilisator basah, pengesih dan penyimpanan dengan sinar Ultraviolet (UV). Uji mekanik, biologi dan kimia dilakukan untuk melihat kemampuan sistem tersebut dalam melakukan sterilisasi. Hasil uji mekanik menunjukkan menunjukkan bahwa alat ini mampu mencapai suhu 121°C dalam waktu sekitar 30 menit. Hasil uji biologi menunjukkan bahwa alat ini mampu membunuh bakteri *Staphylococcus aureus* dengan persentase kematian 100% dalam waktu 15 menit. Hasil uji kimia menunjukkan adanya perubahan warna *autoclave tape* sebagai indikasi proses sterilisasi telah berhasil dilakukan. Sistem sterilisasi alat-alat kedokteran secara otomatis ini telah memenuhi syarat sebagai instrumen medis siap pakai.

Kata Kunci: Sistem Sterilisasi, Sterilisator Basah, Staphylococcus aureus, Autoclave Tape, Penyimpanan dengan Sinar UV.

Pendahuluan

Sterilization instrument merupakan instrumen yang membersihkan instrumen lain agar dapat digunakan dengan standarisasi tertentu yang telah ditetapkan. Salah satu contoh *sterilization instrument* adalah sterilisator. Proses sterilisasi di rumah sakit membutuhkan alat standar yang dapat membunuh mikroorganisme, bakteri dan endosporanya. Proses sterilisasi yang baik membutuhkan instrumen untuk men-sterilkan alat-alat kedokteran sesuai standar *autoclave*. Proses sterilisasi yang selama ini dilakukan di rumah sakit adalah proses sterilisasi bertahap, yaitu proses pengeringan dan penyimpanan. Pada proses pengeringan, alat bedah masih mendapat pengaruh dari tangan manusia dan udara bebas. Hal inilah yang mengurangi tingkat sterilitas alat bedah dan proses sterilisasi menjadi kurang optimal.

Proses sterilisasi di Rumah Sakit membutuhkan suatu instrumen yang dapat melakukan proses sterilisasi basah, pengeringan dan penyimpanan secara otomatis tanpa terpengaruh tangan manusia dan udara bebas. Instrumen yang akan menjalankan proses sterilisasi basah pada penelitian ini adalah sterilisator basah dengan tiga bagian yakni *steamer*, tabung sterilisator, dan tangki air demineral. Instrumen pengering terdiri dari kotak tempat proses pengeringan yang memiliki rel konveyor, elemen pemanas dan kipas pengering. Instrumen penyimpanan terdiri dari kotak penyimpanan dengan lampu UV sebagai komponen sterilisasi dengan sinar *Ultraviolet*. Proses sterilisasi berjalan secara otomatis diawali dengan proses sterilisasi basah, pengering dan penyimpanan yang semuanya diatur oleh mikrokontroler *Arduino Mega* dengan konveyor sebagai penggerak dan pintu otomatis sebagai pembatas antar ruang.

Dasar Teori

Sterilisasi adalah proses penghancuran segala bentuk-bentuk kehidupan (Pelczar, 2008). Metode sterilisasi basah atau panas basah adalah pemanasan menggunakan air atau uap air. Uap air adalah media penyalur panas yang terbaik dan terkuat daya penetrasinya. Panas basah mematikan mikroba melalui proses koagulasi, denaturasi enzim dan protein protoplasma mikroba, sedangkan untuk

mematikan spora diperlukan panas basah selama 15 menit pada suhu 121 °C (Hadioetomo, 1985).

Pengering merupakan alat yang memiliki prinsip kerja udara dipanaskan oleh elemen pemanas sampai mencapai suhu tertentu kemudian udara panas tersebut dihembuskan ke obyek yang disterilkan. Pemanasan kering digunakan untuk membunuh mikroba hanya memakai udara panas kering. Pemanasan ideal yang biasa dilakukan ialah pemanasan satu jam dengan temperatur 160 °C (Hadioetomo dalam Ardian dkk, 2014).

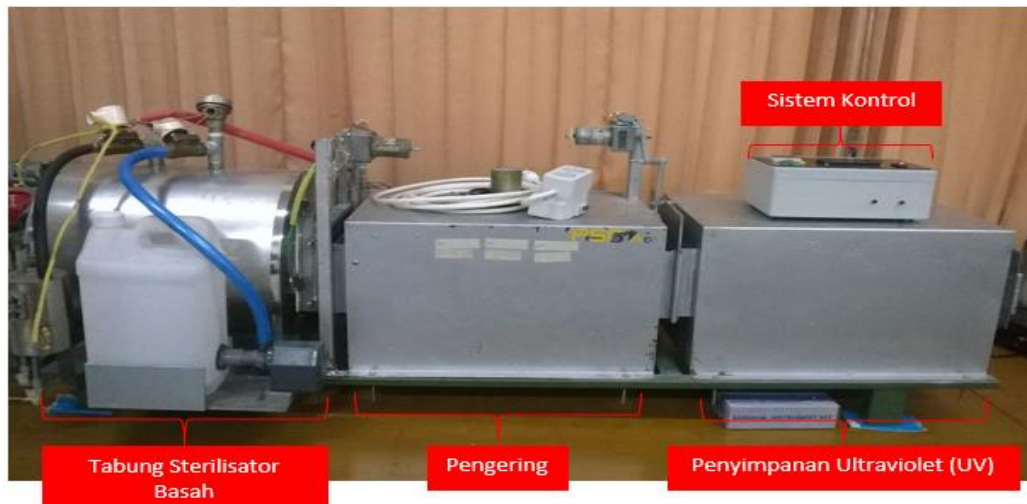
Penyimpanan dengan lampu UV berfungsi untuk menjaga alat yang telah melewati proses sterilisasi dan pengeringan agar tetap steril. Lampu germisidal adalah lampu yang memancarkan sinar ultraviolet dengan konsentrasi tinggi. Daya germisidal paling efektif terletak pada daerah 260 – 270 nm (Zaraswati, 2004).

Sterilisator otomatis terdiri dari tiga bagian utama yaitu sterilisator basah, pengeringan, dan penyimpanan. Ketiga bagian tersebut memiliki fungsi antara lain pada bagian sterilisator basah berfungsi untuk melakukan kegiatan sterilisasi basah pada tekanan tetap, bagian pengeringan berfungsi untuk mengeringkan alat yang sebelumnya telah melalui proses sterilisasi basah, dan bagian penyimpanan berfungsi untuk menjaga alat agar tetap steril sampai alat tersebut akan digunakan.

Pada penelitian ini sterilisasi dilakukan terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* (*S. Aureus*) yang merupakan bakteri gram positif penghasil pigmen kuning, bersifat aerob fakultatif, tidak menghasilkan spora dan tidak motil. *Staphylococcus aureus* merupakan mikroflora normal manusia. Bakteri ini biasanya terdapat pada saluran pernapasan atas dan kulit (Harris, 2002). Sebelum digunakan, bakteri terlebih dahulu mengalami proses pengenceran, kemudian dibagi menjadi 2 bagian yaitu bakteri yang digunakan sebagai kontrol dan bakteri yang mengalami perlakuan. Bakteri kontrol tidak mengalami perlakuan, bakteri kontrol digunakan sebagai pembanding dengan bakteri yang mengalami perlakuan. Bakteri yang akan mendapatkan perlakuan melalui proses sterilisasi basah, kering dan UV dihitung presentase kehidupannya dengan bakteri kontrol sebagai pembanding.

Hasil Perancangan

Perangkat keras yang telah dibuat pada penelitian ini adalah sistem sterilisasi alat-alat kedokteran yang menggunakan prinsip kerja otomatis dengan bantuan mikrokontroler *Arduino*. Selain itu digunakan *controller temperature* merk *Autonics* tipe TC4S yang dihubungkan dengan *Arduino*. Sterilisator otomatis ini terdiri dari tiga bagian utama yaitu sterilisator basah, pengering, dan penyimpanan.



Gambar 1. Sistem Sterilisasi Alat-Alat Kedokteran (Tampak Samping)

Sterilisator

Sterilisator basah terdiri dari tiga bagian yakni *steamer*, tabung sterilisator, dan tangki air demineral. *Steamer* berfungsi menghasilkan uap panas dengan suhu mencapai 121°C yang digunakan untuk kegiatan pemanasan pada proses sterilisasi basah. Komponen *Steamer* terdiri dari elemen pemanas yang diselubungi dengan tabung berbahan *stainless*, kran pengisi air *demineral*, Selang pembuangan serta *solenoid valve* dan selang penghubung antara *steamer* dan tabung sterilisator basah. Selubung *steamer* didesain berbentuk bulat untuk menahan tekanan uap panas yang menyebar ke segala arah. Penghubung antara *steamer* dan sterilisator basah menggunakan selang tahan panas dan *solenoid valve*. *Solenoid valve* berfungsi untuk membuka dan menutup selang pemanas agar tidak terjadi kondisi terlalu panas sehingga menghasilkan panas yang sempurna sesuai dengan *set point* suhu sterilisasi yang diinginkan, *solenoid valve* dan elemen pemanas diatur secara

bersamaan oleh *temperature control* merk *Autonics* tipe TC4s yang disinkronisasikan dengan *Arduino*.

Tabung sterilisator berfungsi sebagai tempat berlangsungnya proses sterilisasi basah. Tabung sterilisator didesain berbentuk tabung, tidak sesuai dengan perencanaan semula yang awalnya berbentuk kotak, tabung dipilih karena bentuk tabung lebih efektif untuk menahan tekanan uap panas yang mengarah ke segala arah. Bahan tabung sterilisator adalah *stainless steel*, bahan ini dipilih karena tahan terhadap karat dan panas tinggi. Terdapat beberapa bagian di tabung sterilisator, yaitu elemen pemanas, pintu manual, pintu otomatis, nampan tempat alat yang akan melalui proses sterilisasi, motor pendorong nampan, pipa penyemprot air demineral, pipa pembuangan yang dilengkapi *solenoid valve*, dan sensor suhu termokopel. Pintu manual pada tabung sterilisator berguna sebagai pintu masuk nampan berisi alat medis yang akan disterilisasi. Pintu manual memiliki kunci pengaman dan karet *seal* sehingga pintu dapat menutup rapat dan uap panas yang dihasilkan saat proses sterilisasi basah tidak keluar melalui celah pintu. Motor pemindah nampan diletakkan di atas pintu manual untuk menghemat tempat dan menyesuaikan dengan cara kerja pendorong nampan yang menggunakan prinsip pendorong ulir. Proses pemanasan di dalam tabung sterilisator menggunakan elemen pemanas yang diatur oleh *temperature control* merk *Autonics* TC4s yang terhubung dengan *Arduino*, *relay* SSR dan sensor termokopel. Elemen pemanas menggunakan elemen pemanas berdaya 400 Watt dan memiliki bentuk fisik huruf U bersirip karena memiliki kemampuan tingkat pemanasan yang tinggi dan merata menyesuaikan bidang pemanasan yang dibutuhkan. Sensor termokopel dipilih karena memiliki rentang suhu yang panjang, yaitu antara 0⁰C sampai dengan 1200⁰C. Sensor termokopel diletakkan di bagian atas tabung dan ujung sensor tepat mengenai bagian tengah dari ruang sterilisator basah. Hal ini ditujukan agar pembacaan sensor mendekati dengan keadaan suhu nyata pada ruangan sterilisator. Sensor termokopel ini dihubungkan langsung ke *temperature control* merk *Autonics* TC4S. Bagian dalam tabung sterilisator terdapat rel ulir untuk membantu nampan berpindah saat proses sterilisasi basah selesai. Rel ulir bekerja dengan

bantuan motor DC yang terpasang di bagian luar tabung dan plat besi di dalam tabung yang berfungsi sebagai pendorong saat motor berputar. Rel ulir terpasang dengan 2 buah *bearing* di setiap ujung agar perputaran rel ulir konstan dan halus. Pipa berlubang terpasang sejajar bersebalahan dengan rel ulir sebagai penyiram air demineral dari pompa air demineral. Pintu otomatis dipasang pada ujung tabung sterilisator basah, pintu ini berfungsi sebagai jalan keluar nampan yang berisi alat yang telah melalui proses sterilisasi basah dan akan berpindah ke bagian pengeringan. Untuk menggerakkan pintu otomatis, digunakan motor DC dan *limit switch* yang berfungsi sebagai pembatas membuka menutupnya pintu otomatis. Cara kerja pintu otomatis dimulai saat proses sterilisasi basah selesai, *Arduino* melalui *driver motor* memerintahkan *motor DC* berputar sehingga pintu naik dan menyentuh *limit switch* atas. *Limit switch* atas memberikan masukan kepada *Arduino* sehingga pintu berhenti. Setelah proses perpindahan nampan selesai, *Arduino* memerintahkan *motor DC* hingga pintu turun dan menyentuh *limit switch* bawah dan berhenti. Air sisa penyiraman pompa demineral yang masuk ke dalam tabung sterilisator basah keluar melalui pipa pembuangan. Pipa pembuangan terletak di bawah bagian tabung sterilisator basah, memiliki *solenoid valve* sebagai kran buka tutup agar tekanan dan suhu dalam ruangan sterilisator basah tetap terjaga. *Solenoid valve* diatur oleh *Arduino* melalui *relay*. Ujung *solenoid valve* terhubung dengan selang air menuju tempat pembuangan bawah.

Tangki demineral berfungsi sebagai tempat penyimpanan air demineral. Air demineral disemprotkan dengan bantuan pompa AC ketika proses sterilisasi basah selesai. Pompa demineral dihubungkan oleh selang dan *solenoid valve*. Aliran air demineral berujung pada pipa berlubang yang terdapat dalam tabung sterilisator basah.

Pengering

Pengering merupakan bagian yang berfungsi sebagai tempat mengeringkan alat-alat kedokteran yang telah melalui proses sterilisasi basah. Bagian ini memiliki bentuk kotak persegi panjang yang dibuat dari bahan plat besi dengan ketebalan 3

mm. Plat besi dipilih karena memiliki ketahanan terhadap panas. Pengering memiliki komponen motor untuk memindahkan nampan, kipas, elemen pemanas bentuk U bersirip, sensor DHT11, dan pintu otomatis.

Pengering memiliki motor dan roda karet yang saling dihubungkan oleh satu set rantai beserta gigi pengatur rantai. Nampan akan berhenti ketika ujung nampan bagian bawah menyentuh *limit switch*, ketika *limit switch* tersentuh nampan, *Arduino* memberikan perintah kepada *relay* untuk memutus arus menuju motor.

Elemen pemanas diletakkan di bagian bawah dari pengering dan kipas pengering berbentuk tabung tubular diletakkan di atas pengering. Pengaturan peletakan elemen pemanas dan kipas bertujuan agar panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas dihisap oleh kipas pengering yang kemudian diteruskan ke segala arah oleh kipas pengering sehingga panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas dapat mengeringkan alat yang diletakkan di atas nampan dengan sempurna.

Sensor yang terpasang pada kotak pengering adalah sensor suhu DHT 11. Sensor diletakkan di atas kotak bersebelahan dengan kipas pengering, hal ini ditujukan agar udara panas dapat langsung mengalir melewati sensor sehingga sensor dapat cepat membaca suhu yang dihasilkan elemen pemanas. Data suhu hasil pembacaan sensor DHT 11 dikirim ke *Arduino* kemudian diolah untuk mengatur elemen pemanas oleh *Arduino* dan ditampilkan ke LCD.

Pemanasan pada pengering berlangsung selama waktu yang ditentukan saat penyetalan awal alat. *Arduino* berperan sebagai input dan output pada bagian ini. Setelah proses pemanasan selesai, elemen pemanas dan kipas pengering mati dan pintu otomatis terbuka. Pintu otomatis antara ruang pengering dan penyimpanan terbuat dari bahan PVC yang digerakkan oleh motor DC 2 arah. Motor DC pintu otomatis diatur oleh *Arduino* dengan bantuan *driver* motor dan *limit switch* sebagai detektor posisi pintu saat membuka atau menutup.

Penyimpanan

Penyimpanan dengan sinar UV memiliki fungsi membunuh bakteri dengan bantuan sinar UV serta tetap menjaga alat yang telah melalui proses sterilisasi basah dan pengeringan untuk tetap steril hingga saat penggunaan. Penyimpanan dengan sinar UV terdiri dari komponen lampu UV, *power supply*, motor DC pemindah nampan, dan pintu yang dilengkapi dengan *limit switch* pemutus daya lampu UV.

Perpindahan nampan dari kotak pengering ke kotak penyimpanan dengan sinar UV menggunakan sekaligus 2 motor penggerak, yaitu motor penggerak dan roda karet yang saling dihubungkan oleh satu set rantai beserta gigi pengatur rantai. Nampan akan berhenti ketika ujung nampan bagian bawah menyentuh *limit switch*, ketika *limit switch* tersentuh nampan, *Arduino* memberikan perintah kepada *relay* untuk memutus arus menuju motor, cara kerja ini sama dengan pola perpindahan nampan pada proses sebelumnya.

Pada atap kotak penyimpanan dengan sinar UV, terdapat lampu TL UV yang bisasa digunakan dalam proses sterilisasi di rumah sakit dan catu daya *switching* merek Antel dengan keluaran tegangan 12V dan arus 2A. Catu daya jenis ini dipilih karena memiliki keluaran tegangan dan arus yang stabil serta ketahanan yang lumayan tangguh, bentuknya yang praktis memudahkan dalam peletakan catu daya ini. Catu daya ini digunakan sebagai sumber arus DC untuk motor-motor penggerak pintu dan konveyor serta controller *Arduino*.

Lampu UV diatur untuk selalu menyala saat pintu penyimpanan dengan sinar UV tertutup rapat dan mati saat pintu penyimpanan dengan sinar UV terbuka, pengaturan ini bertujuan agar operator alat tidak terpapar lampu UV saat mengambil nampan. Untuk mengatur lampu UV mati atau menyala, digunakan *limit switch* yang terpasang pada bagian atas pintu penyimpanan dengan sinar UV. *Limit switch* dalam penelitian ini langsung memutus arus AC 220V yang langsung menuju lampu UV.

Sistem Kontrol

Sistem sterilisasi alat-alat kedokteran secara otomatis diatur oleh sistem kontrol yang terdiri dari beberapa bagian, yaitu *Arduino* sebagai kontrol pusat,

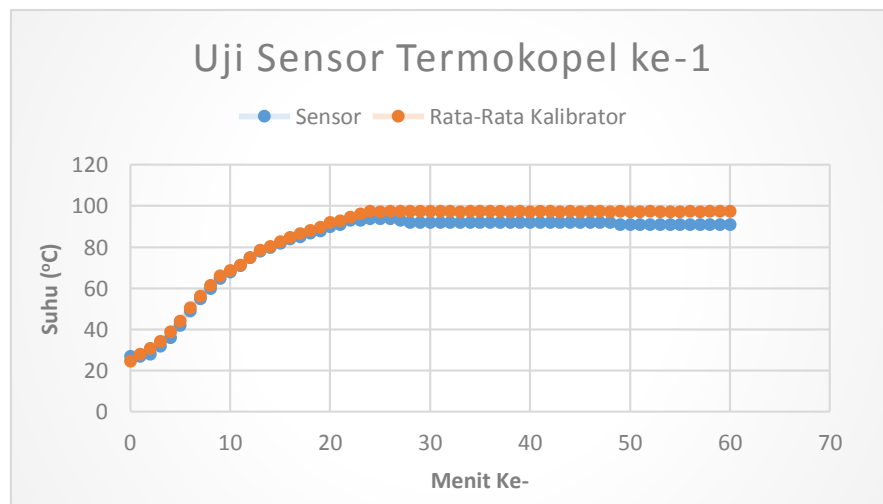
keypad Analog Digital Converter ADC 4 tombol sebagai masukan, termokontrol merk *Autonics TC4S* sebagai keluaran *Arduino* untuk mengatur elemen pemanas tabung sterilisator basah, *relay SSR* untuk mengaktifkan elemen pemanas sterilisator *relay set* sebagai keluaran *Arduino* untuk menghubungkan antara sumber daya DC 12V untuk *driver motor* penggerak pintu otomatis dan konveyor serta sumber daya AC 220V sebagai sumber daya termokontrol *Autonics TC4S*.

Termokontrol merk *Autonics TC4S* digunakan untuk mengatur suhu elemen pemanas sterilisator basah dengan sensor termokopel sebagai monitor suhu dalam sterilisator basah. Termokopel jenis ini memiliki rentang pengaturan suhu 0⁰C-999⁰C. *Port* yang digunakan pada termokopel berjumlah 6 buah, yaitu *port* sensor, *source* 220V, dan output untuk *relay* elemen pemanas. *Arduino* yang digunakan pada sistem kontrol ini adalah *Arduino Mega*. *Arduino Mega* dipilih karena jumlah *port input-output* yang mumpuni untuk mengatur sistem sterilisasi alat-alat kedokteran secara otomatis.

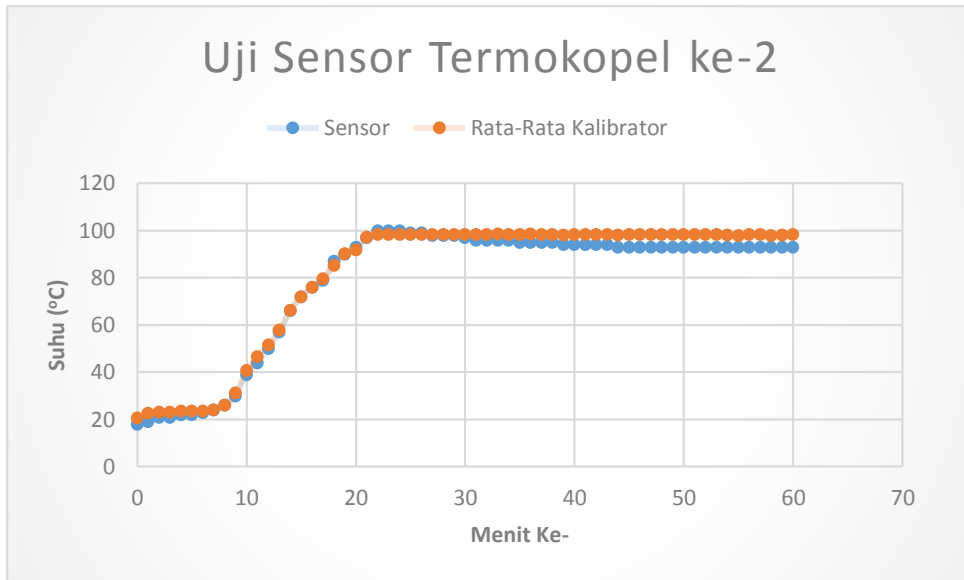
Hasil Uji

Uji Mekanik

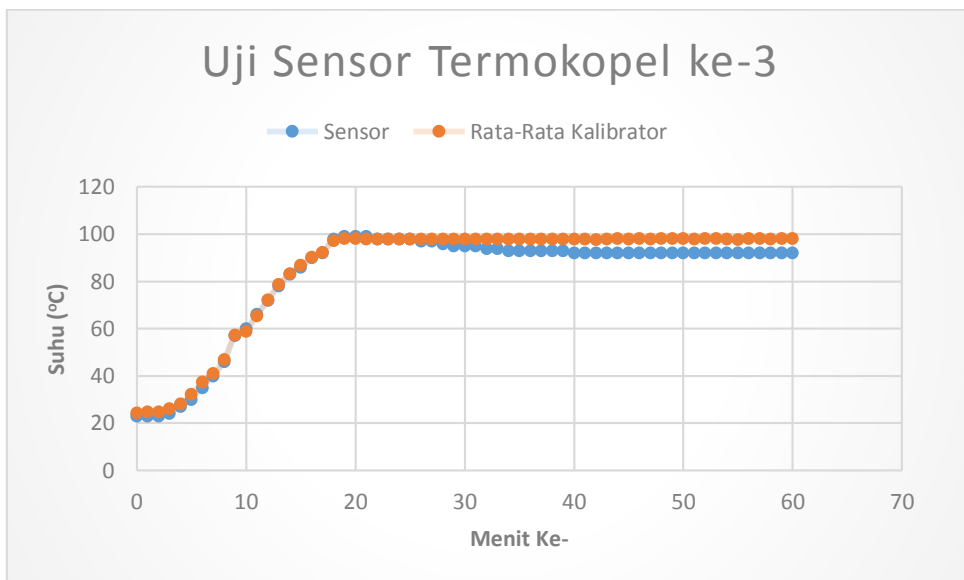
Sterilisator basah pada sistem ini diuji dengan uji sensor suhu yang dilakukan dengan memanaskan sensor termokopel, sensor kalibrator dan sensor multimeter secara bersamaan menggunakan kompor listrik yang terdapat panci berisi air di dalamnya. Uji sensor dilakukan berulang selama 60 menit dan dilakukan 3 kali percobaan uji.



Gambar 2.1 Grafik Uji Sensor Termokopel ke-1



Gambar 4.36 Grafik Uji Sensor Termokopel ke-2

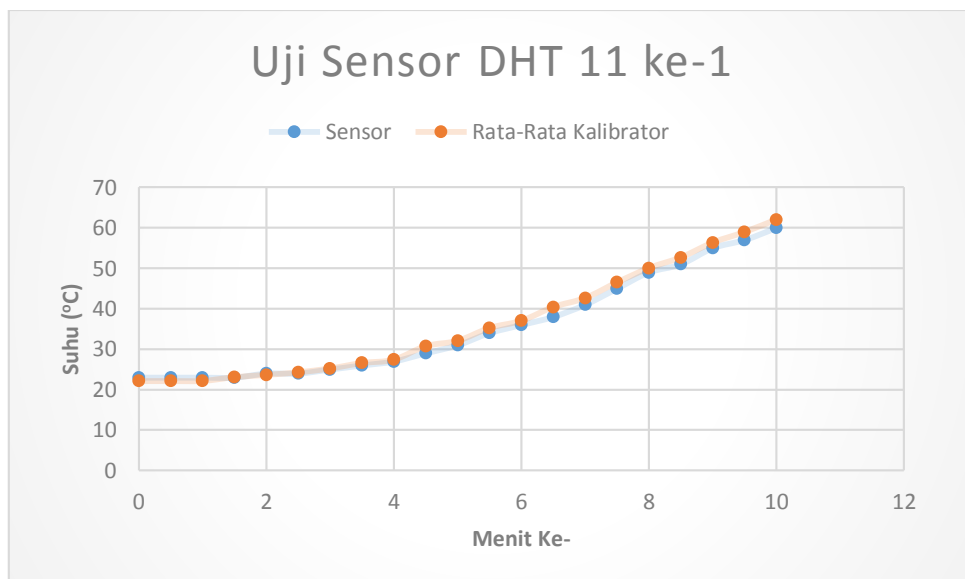


Gambar 4.37 Grafik Uji Sensor Termokopel ke-3

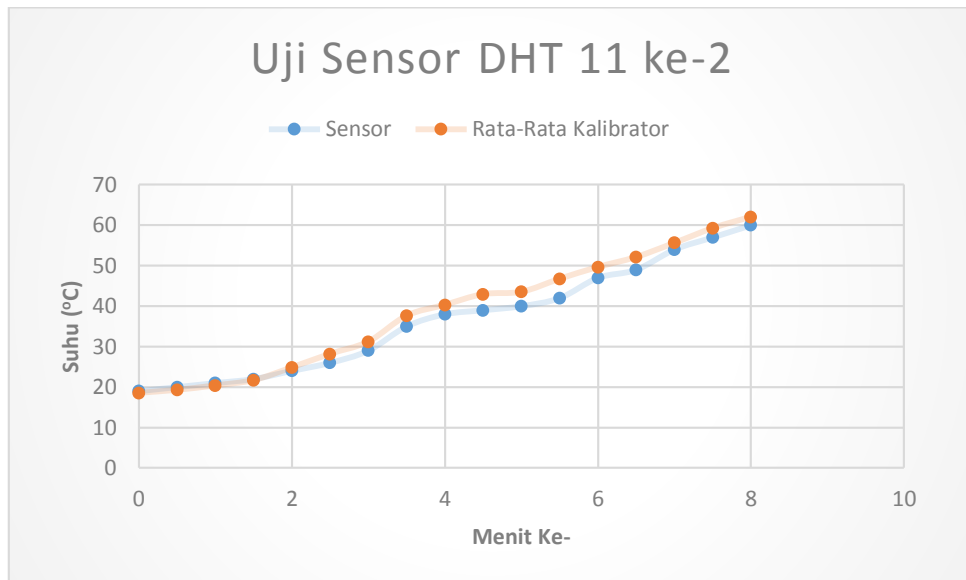
Ketiga grafik di atas menggambarkan kenaikan suhu dari suhu 20°C-100°C secara konstan dan hampir tidak ada perbedaan antara rerata kalibrator dengan sensor termokopel yang diuji. Perbedaan mulai tampak saat waktu mencapai sekitar menit ke-25. Ketiga grafik tersebut menunjukkan perbedaan antara nilai sensor suhu termokopel dan nilai sensor suhu rerata kalibrator mulai 1-5°C dari menit ke-27 sampai menit ke-60. Namun perbedaan suhu ini dianggap tidak berpengaruh saat

sensor digunakan dalam sistem sterilisator basah, karena sistem yang bersifat tertutup dalam sterilisator basah memungkinkan elemen pemanas mempertahankan suhu *set point* sehingga nilai selisih pada uji sensor tidak mempengaruhi keadaan nyata pada sterilisator basah. Suhu dalam sterilisasi basah mampu mencapai 121°C dalam waktu 28 menit.

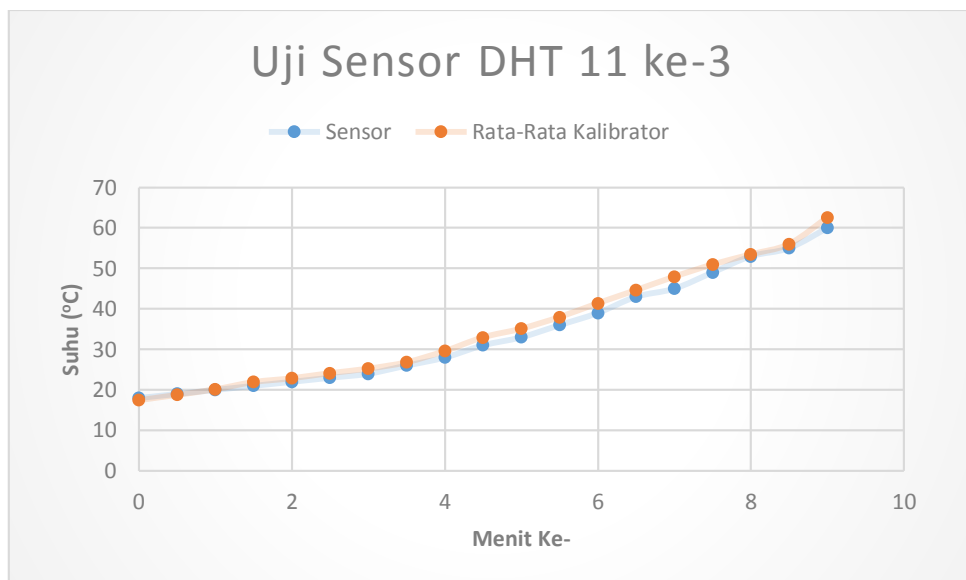
Metode pengujian sensor suhu DHT 11 menggunakan metode yang sama dengan pengujian sensor termokopel sterilisator basah. Proses pengujian dilakukan dengan cara memasukkan sensor multimeter dan kalibrator di tempat yang sama dengan sensor DHT 11 di dalam kotak pengering. Proses pengeringan dilakukan hingga suhu mencapai *set point*, yaitu 60°C. Pengamatan uji sensor juga dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor DHT 11 pada serial monitor *Arduino* dengan hasil pembacaan sensor suhu multimeter dan kalibrator suhu. Proses uji sensor DHT 11 dilakukan 3 kali pencatatan dan menghasilkan 3 grafik. Ketiga grafik tidak menghasilkan perbedaan antara percobaan pertama hingga percobaan ketiga, sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor DHT 11 yang terpasang sudah memenuhi kualifikasi sebagai sensor suhu pada pengering.



Gambar 4.40 Grafik Uji Sensor DHT 11 ke-1



Gambar 4.41 Grafik Uji Sensor DHT 11 ke-2



Gambar 4.42 Grafik Uji Sensor DHT 11 ke-3

Uji Biologi

Pengujian biologi dilakukan dengan menggunakan Bakteri *Staphylococcus aureus* terstandar yang disiapkan. Setelah tahap persiapan, bakteri dalam air *garfish* hasil pengenceran ke-7 dimasukkan ke dalam alat sterilisasi alat-alat kedokteran secara otomatis untuk menjalani proses sterilisasi penuh, yaitu sterilisasi basah,

pengeringan hingga sterilisasi UV. Bakteri diuji dengan 5 variasi keadaan yaitu

	Suhu	Waktu (Menit)	Jumlah Koloni Bakteri yang Hidup setelah Perlakuan	Jumlah Koloni Bakteri Kontrol	Persentase Kematian (%)
suhu 20°C selama 15 menit, 40°C selama 15 menit, 60°C selama 15 menit, 80°C selama 15 menit dan 121°C selama 30 menit.	20°C	15	3	84	97,5
	40°C	15	0	273	100
	60°C	15	0	265	100
	80°C	15	0	251	100
	120°C	30	0	103	100

Setelah proses uji sterilisasi, bakteri ditanam ke media tanam *Mannitol Salt Agar* MSA. Bakteri yang ditanam adalah bakteri yang tidak melalui proses sterilisasi atau disebut bakteri kontrol dan bakteri yang telah melalui proses perlakuan sterilisasi.

Setelah penanaman bakteri, dilakukan penghitungan jumlah bakteri kontrol dan yang telah mengalami perlakuan. Perhitungan dilakukan manual dengan menghitung tiap bakteri dalam setiap cawan. Hasil perhitungan bakteri dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Presentase Kematian Bakteri

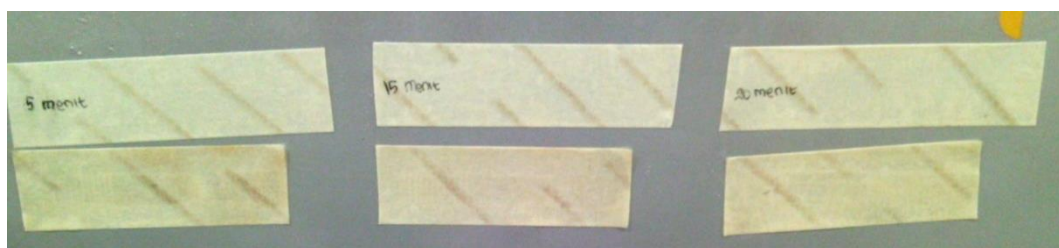
Pada Tabel 1 terlihat semua bakteri mati setelah melalui proses sterilisasi kecuali pada suhu 20°C. Seharusnya bakteri yang melalui proses sterilisasi pada suhu 20°C tetap hidup, namun elemen pemanas mengalami *overshoot* ketika diatur pada suhu 20°C. Elemen pemanas dan termokopel pada alat ini tidak didesain untuk

suhu rendah, melainkan untuk suhu tinggi sesuai dengan fungsi sterilisator pada umumnya.

Bakteri *Staphylococcus aureus* memiliki rentang pertumbuhan pada suhu 7-48°C dengan suhu optimum 37°C. Hal ini telah ditunjukkan dari hasil uji biologi yang dilakukan bahwa ketika suhu mencapai 40°C hingga 120°C semua koloni bakteri telah mati. Bakteri yang memiliki dinding sel berupa protein tidak tahan terhadap suhu 121°C dikarenakan protein akan mengalami denaturasi atau rusak (Lukas, 2011).

Uji Kimia

Uji kimia menggunakan indikator terstandar yaitu *autoclave tape*. Uji ini menggunakan *autoclave tape* merk 3M yang digunakan pada uji *autoclave* di rumah sakit. Proses uji dilakukan dengan cara menempelkan *autoclave tape* pada *scapel* yang diletakkan pada nampan dan menempelkan *autoclave tape* di ujung nampan. *Autoclave tape* mirip dengan *masking tape* (perekat penanda) tetapi lebih lekat, mampu menempel dalam keadaan panas dan lembab pada *autoclave*. Warna hitam yang muncul berasal dari 30.1% timah *thiosulfate*, 0.6% *magnesium carbonate*, 20.1% *neocryl B814*, 30.1% etanol, 22.7% *ethyl acetate* and 49% tinta. Pengujian menggunakan *autoclave tape* dilakukan dengan 3 variasi waktu 5 menit, 10 menit, dan 15 menit dengan suhu tetap 121°C. Didapatkan hasil *autoclave tape* mengeluarkan garis coklat kehitaman (warna dari tinta dan bahan yang ada dalam *autoclave tape*) sesuai pada semua variasi waktu. Garis coklat kehitaman mengindikasikan bahwa elemen pemanas sterilisator basah bekerja sesuai dengan standar.



Gambar 3. *Autoclave Tape* yang Telah Melewati Proses Sterilisasi

Kesimpulan

Sistem sterilisasi alat-alat kedokteran secara otomatis telah dibuat dengan tiga bagian, sterilisasi basah, pengering dan penyimpanan UV yang diatur oleh sistem kontrol pusat berupa *Arduino Mega* yang berfungsi untuk mengatur semua proses dalam alat dan termokontrol *Autonics* untuk mengatur elemen pemanas pada sterilisator basah. Suhu elemen pemanas sterilisator basah dapat mencapai 121⁰C sesuai dengan standar suhu yang harus dicapai sterilisator basah (*Autoclave*). Bakteri *Staphylococcus aureus* mati setelah melewati proses sterilisasi berdasarkan hasil uji biologi dan *autoclave tape* berubah warna dari polos menjadi bergaris coklat kehitaman berdasarkan uji kimia.

Daftar Pustaka

- Ardian, J., Ariska, B. D., Astrid, O., Ayu, O.W .W., Bi Mizan, A., Chaterin, R. S., Choirul, A. N., dan Claudia P. I., 2014, *Metode Sterilisasi Panas Kering*, diunduh dari <http://herusasongko.staff.mipa.uns.ac.id/2014/11/28/metode-sterilisasi-panas-kering/> diakses pada 12 Desember 2014.
- Hadioetomo, R. S., 1985, *Mikrobiologi Dasar dalam Praktek*, Jakarta : PT. Gramedia.
- Harris, S. G., Foster, S. J., and Richards, R. G., *An Introduction To Staphylococcus Aureus, And Techniques For Identifying And Quantifying S. Aureus Adhesins In Relation To Adhesion To Biomaterials: Review*, 2002, L.G. Harris European Cells and Materials Vol. 4. 2002 : 39-60.
- Lukas, S., 2011, *Formulasi Steril*, Yogyakarta: Penerbit Andi.