

KK
TK5 03/03
A94
P.

TESIS

PENGARUH TEGANGAN LISTRIK DAN LAMA PENYINARAN PADA SEMEN IONOMER GELAS MODIFIKASI RESIN TERHADAP KEKERASAN PERMUKAAN DAN SITOTOKSISITAS

Penelitian Eksperimental Laboratoris



MILIK
PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA

TITIEN HARY AGUSTANTINA

099913306 M

PROGRAM PASCASARJANA

UNIVERSITAS AIRLANGGA

SURABAYA

2002

**PENGARUH TEGANGAN LISTRIK DAN
LAMA PENYINARAN PADA SEMEN
IONOMER GELAS MODIFIKASI RESIN
TERHADAP KEKERASAN PERMUKAAN DAN
SITOTOKSISITAS**

Penelitian Eksperimental Laboratoris

TESIS

Untuk memperoleh Gelar Magister
dalam Program Studi Ilmu Kesehatan Gigi
pada Program Pascasarjana Universitas Airlangga

Oleh :

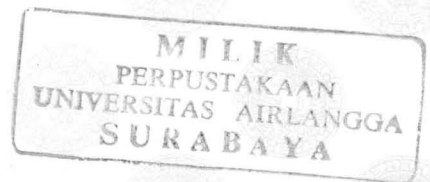
TITIEN HARY AGUSTANTINA

099913306 M

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA**

2002

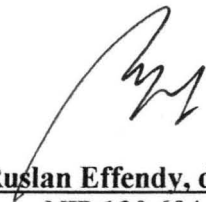
ii



PERSETUJUAN


TESIS INI TELAH DISETUJUI
TANGGAL 25 NOVEMBER 2002

PEMBIMBING KETUA,



Dr. H. Ruslan Effendy, drg, MS, Sp KG
NIP 130 604 273

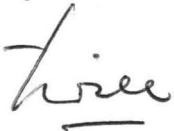
PEMBIMBING,



Dr. Soeprapto Maat, drs.Apt, MS
NIP 080 030 365

Mengetahui,

Ketua Program Studi Ilmu Kesehatan Gigi
Program Pascasarjana Universitas Airlangga



Dr. Trijoedani Widodo drg, MS, Sp KG
NIP 130 368 691

PENETAPAN PANITIA PENGUJI TESIS

Telah diuji pada tanggal 30 September 2002

PANITIA PENGUJI TESIS

Ketua : Dr. Soetopo, drg, MSc, SpKG

Anggota : 1. Prof. Dr. Ami Soewandi J.S, Apt

2. Prof. Soejatmi Iskandar, drg

3. Dr. H. Ruslan Effendy, drg, MS, SpKG

4. Dr. Soeprapto Maat, drs.Apt, MS

5. Priyawan Rachmadi, drg, Ph.D

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang atas segala rahmat dan karuniaNya yang dilimpahkan kepada saya selama mengikuti pendidikan program Magister hingga terselesaikannya tesis ini.

Terima kasih yang sebesar-besarnya saya ucapkan kepada Dr. H. Ruslan Effendy, drg, MS, Sp KG selaku Pembimbing Ketua yang telah banyak meluangkan dan menyisihkan waktu di tengah kesibukannya untuk membimbing, mengarahkan dan membantu perbaikan tesis ini dengan penuh perhatian dan kesabaran hingga terselesaikannya tesis ini.

Terima kasih yang sebesar-besarnya saya ucapkan kepada Dr. Soeprapto Maat, drs Apt, MS selaku Pembimbing yang telah banyak meluangkan dan menyisihkan waktu di tengah kesibukannya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan pada saya dengan penuh perhatian dan kesabaran hingga terselesaikannya tesis ini.

Dengan selesainya tesis ini, perkenankan saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

- Rektor Universitas Airlangga Prof. Dr. Med H. Puruhito, dr dan mantan Rektor Universitas Airlangga Prof. Dr. H. Soedarto, dr, DTMH. Ph.D atas kesempatan dan fasilitas yang diberikan untuk mengikuti dan menyelesaikan pendidikan Program Magister pada Pascasarjana Gigi Universitas Airlangga.
- Direktur Program Pascasarjana Universitas Airlangga Prof. Dr. Mohammad Amin, dr. dan mantan Direktur Program Pascasarjana Universitas Airlangga Prof. Dr. Soediono, dr, atas kesempatan yang diberikan untuk mengikuti dan

menyelesaikan pendidikan Program Magister bidang studi Ilmu Kesehatan Gigi pada Pascasarjana Universitas Airlangga.

- Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga Prof. Dr. Mohamad Rubianto, drg, MS, Sp Perio dan mantan Dekan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Airlangga Dr. Boedihardjo, drg, MS, Sp Perio, atas kesempatan yang diberikan untuk mengikuti dan menyelesaikan pendidikan Program Magister pada Pascasarjana Universitas Airlangga.
- Ketua Program Studi Ilmu Kesehatan Gigi Dr. Trijoedani Widodo, MS, Sp KG dan mantan Ketua Program Studi Ilmu Kesehatan Gigi Dr. Soetopo, drg, MSc, Sp KG yang tidak henti-hentinya memberi pengarahan, nasehat serta semangat yang sangat berarti, sehingga dapat terselesaikannya pendidikan saya pada Program Pascasarjana Universitas Airlangga.
- Ketua Bagian Ilmu Material dan Teknologi Kedokteran Gigi Universitas Airlangga Asti Meizarini, drg, MS dan mantan Kepala Laboratorium Ilmu Material dan Teknologi Kedokteran Gigi Universitas Airlangga Endanus Harijanto, drg, MS atas ijin dan kesempatan yang diberikan untuk mengikuti dan menyelesaikan pendidikan pada Program Pascasarjana Universitas Airlangga.
- Kepala Laboratorium Rekayasa Genetika, Bioteknologi, Pusat Antar Universitas, Universitas Gajah Mada Widya Asmara, drh, SU, PhD yang telah memberikan ijin untuk menggunakan sarana dan fasilitas laboratorium selama melakukan penelitian.
- Kepala Laboratorium Ilmu Teknik, Pusat Antar Universitas, Universitas Gajah Mada Dr. Ir. Bambang Suhendro, MSc yang telah memberikan ijin untuk menggunakan sarana dan fasilitas laboratorium selama melakukan penelitian.

- Mochammad Cholil Munif, dr, MS sebagai konsultan dalam menganalisis data penelitian.
- Saudari Eka dan Saudara Alwi yang telah membantu saya dalam melaksanakan penelitian di Laboratorium Rekayasa Genetika dan Laboratorium Ilmu Teknik, Pusat Antar Universitas, Universitas Gajah Mada.
- Teman-teman angkatan 1999/2000 dan 2000/2001 yang telah memberi semangat dan bantuan selama mengikuti pendidikan.
- Teman-teman sejawat di Laboratorium Ilmu Material dan Teknologi Kedokteran Gigi yang telah memberi semangat dan bantuan selama mengikuti pendidikan.
- Papa dan Ibu serta Bapak dan Ibu mertua yang tidak henti-hentinya telah membantu doa serta dorongan semangat demi terselesaikannya pendidikan saya, saya haturkan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya.
- Suamiku atas segala bantuan yang telah diberikan serta anakku tersayang (Ameilia) yang masih butuh banyak perhatian dan pengasuhan harus sering saya tinggalkan untuk keperluan studi, saya sampaikan rasa terima kasih saya yang tidak terhingga.

Akhirnya kepada semua pihak, yang tidak dapat saya sebut satu per satu, yang telah membantu saya baik secara moril maupun materiil demi terselesaikannya pendidikan saya di Program Pascasarjana ini, saya ucapkan terima kasih dan mohon maaf apabila terdapat kesalahan. Semoga Allah SWT membalas budi dan amal baik kepada kita semua, amin.

Penulis

RINGKASAN

Telah dilakukan penelitian eksperimental laboratoris mengenai pengaruh tegangan listrik dan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin (SIGMR) terhadap kekerasan permukaan dan sitotoksitas. Unit eksperimen penelitian ini menggunakan SIGMR (Fuji II LC, GC, Jepang). Bahan restorasi ini merupakan pengembangan dari semen ionomer gelas konvensional yaitu suatu hibrida ionomer yang memadukan semen ionomer gelas konvensional dan resin yang beraktivasi dengan sinar tampak. Bahan ini akan mengeras (*setting*) melalui reaksi asam basa dan berpolimerisasi dengan adanya penyinaran dari sumber sinar alat kuring sinar tampak.

Proses polimerisasi bahan yang peka sinar ini salah satunya tergantung pada intensitas sinar yang dihasilkan alat kuring sinar tampak. Intensitas sinar dapat dipengaruhi antara lain oleh adanya perubahan tegangan listrik *input*. Pada kenyataannya listrik kota sebagai sumber energi listrik dari alat kuring sering mengalami fluktuasi tegangan listrik. Adanya penurunan tegangan listrik dapat menurunkan intensitas sinar, dengan akibat dapat mempengaruhi fotoaktivasi dan polimerisasi. Untuk mengompensasi penurunan intensitas sinar diperlukan penambahan lama penyinaran.

Penambahan resin pada SIGMR ini berkisar antara 5% - 15 %. Apakah dengan penambahan resin yang relatif kecil ini akan mempengaruhi kekerasan permukaan dan sitotoksitas bahan SIGMR apabila terjadi penurunan tegangan listrik dan penambahan lama penyinaran.

Uji kekerasan permukaan SIGMR menggunakan *Micro Vickers Hardness Tester*. Sedangkan untuk uji sitotoksitas menggunakan kultur *cell line* BHK-21 dan

untuk mengevaluasinya menggunakan esei MTT dengan bantuan spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm untuk mengamati absorbansi sel.

Analisis data penelitian ini menggunakan Anava dua arah antara dua variabel tegangan listrik dan lama penyinaran, Anava satu arah untuk masing-masing kelompok perlakuan, dilanjutkan LSD untuk mengetahui kemaknaan antar kelompok perlakuan dan untuk mengetahui korelasi dilakukan uji Regresi linier ganda.

SIGMR yang dikuring dengan tegangan listrik penyinaran yang rendah akan menghasilkan kekerasan permukaan yang rendah. Hal ini disebabkan adanya penurunan tegangan listrik akan menurunkan intensitas sinar sehingga akan menyebabkan photon, yang akan menginisiasi pembentukan radikal bebas, menjadi menurun. Akibatnya jumlah radikal bebas juga menurun sehingga polimerisasi menjadi makin tidak sempurna dengan akibat dapat menurunkan kekerasan permukaan bahan tersebut. Selain itu, polimerisasi yang makin tidak sempurna ini dapat menyebabkan peningkatan jumlah monomer sisa yang dapat mengakibatkan peningkatan sitotoksitas yang ditandai dengan penurunan absorbansi sel kultur.

Pada penambahan lama penyinaran SIGMR akan meningkatkan kekerasan permukaan. Hal ini disebabkan energi sinar untuk mengaktifkan polimerisasi akan bertambah sehingga jumlah photon yang menginisiasi pembentukan radikal bebas akan meningkat maka polimerisasi dapat berjalan lebih baik sehingga akan menghasilkan peningkatan kekerasan permukaan. Pada penambahan lama penyinaran tersebut dapat menurunkan sitotoksitas yang ditandai dengan peningkatan absorbansi sel meskipun secara statistik tidak menunjukkan adanya beda bermakna.

Kesimpulan yang didapat menunjukkan bahwa adanya penurunan tegangan listrik penyinaran SIGMR dapat menurunkan kekerasan permukaan dan

meningkatkan sitotoksitas. Penambahan lama penyinaran SIGMR dapat meningkatkan kekerasan permukaan dan menurunkan sitotoksitas.

ABSTRAK

The purpose of this study was to investigate the effect of decreasing voltage and increasing time of exposure resin modified glass ionomer cements (RMGIC) to surface hardness and cytotoxicity.

Experimental units were used resin modified glass ionomer cement (Fuji II LC). Disk-shaped samples were made from plastic ring with 5 mm in inner diameter and 2 mm in thick. The samples were irradiated with visible light curing unit at difference voltage (220 volt, 210 volt, 200 volt) and time of exposure (20 seconds, 40 seconds, 60 seconds). Surface hardness of this cement was measured with Micro vickers hardness tester. Cytotoxicity of this cement was used fibroblast cell line BHK-21 and evaluated by MTT assay.

The result showed that the decreasing in input voltage may cause a decrease in surface hardness and an increase in cytotoxicity of the RMGIC. The exposure time longer may cause an increase in surface hardness and a decrease in cytotoxicity of the RMGIC.

Key words : voltage, resin modified glass ionomer cement, surface hardness, cytotoxicity

DAFTAR ISI

	Halaman
Sampul Depan	
Sampul Dalam	i
Prasyarat Gelar	ii
Persetujuan	iii
Penetapan Panitia Penguji Tesis	iv
Ucapan Terima Kasih	v
Ringkasan	viii
Abstrak	xi
Daftar Isi	xii
Daftar Tabel	xvi
Daftar Gambar	xviii
Daftar Lampiran	ix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian	8
1.3.1 Tujuan Umum	8
1.3.2 Tujuan Khusus	8
1.4 Manfaat Penelitian	8
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Semen Ionomer Gelas Modifikasi resin	9
2.2 Komposisi Semen Ionomer Gelas Modifikasi Resin	10

2.3	Reaksi Pengerasan Semen Ionomer Gelas Modifikasi Resin	11
2.4	Struktur Semen Ionomer Gelas Modifikasi Resin	12
2.5	Faktor-faktor Yang Berpengaruh Dalam Proses Polimerisasi Semen Ionomer Gelas Modifikasi Resin	13
2.6	Sinar Tampak	17
2.7	Kekerasan Permukaan	19
2.8	Biokompatibilitas	22
2.9	Kultur Sel	24
2.10	Pengukuran Sitotoksitas	26
BAB 3 KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS PENELITIAN		28
3.1	Kerangka Konseptual	28
3.2	Hipotesis	31
3.3	Bagan Kerangka Konseptual	32
BAB 4 METODE PENELITIAN		33
4.1	Penelitian I : Pengaruh tegangan listrik dan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin terhadap kekerasan permukaan	33
4.1.1	Jenis Penelitian	33
4.1.2	Rancangan Penelitian	33
4.1.3	Unit Eksperimental	33
4.1.4	Besar Sampel	33
4.1.5	Variabel Penelitian	33
4.1.6	Definisi Operasional Variabel	34
4.1.7	Bahan Penelitian	35
4.1.8	Alat Penelitian	35
4.1.9	Lokasi Dan Waktu Penelitian	35

4.1.10.1	Persiapan Pembuatan Sampel	36
4.1.10.2	Pengukuran Kekerasan Permukaan	37
4.1.10.3	Alur Pengukuran Kekerasan Permukaan Semen Ionomer Gelas Modifikasi Resin	40
4.1	Penelitian II : Pengaruh tegangan listrik dan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin terhadap sitotoksitas	41
4.2.1	Jenis Penelitian	41
4.2.2	Rancangan Penelitian	41
4.2.3	Unit Eksperimental	41
4.2.4	Besar Sampel	41
4.2.5	Variabel Penelitian	41
4.2.6	Definisi Operasional Variabel	42
4.2.7	Bahan Penelitian	43
4.2.8	Alat Penelitian	43
4.2.9	Lokasi Dan Waktu Penelitian	44
4.2.10	Prosedur Pengambilan Sampel Dan Pengumpulan Data	44
4.2.10.1	Persiapan Pembuatan Sampel	44
4.2.10.2	Cara Kerja Uji Sitotoksitas Semen Ionomer Gelas Modifikasi Resin	45
4.2.10.3	Alur Pengukuran Sitotoksitas Semen Ionomer Gelas Modifikasi Resin	51
4.3	Analisis Data	52
BAB 5 ANALISIS HASIL PENELITIAN		53
5.1	Data Penelitian	53
5.1.1	Data Hasil Uji Kekerasan Permukaan Semen Ionomer Gelas Modifikasi Resin	53

5.1.2 Data Hasil Uji Sitotoksitas Semen Ionomer Gelas Modifikasi Resin	54
5.2 Analisis Dan Hasil Penelitian	57
5.2.1 Analisis hasil uji kekerasan permukaan semen ionomer gelas modifikasi resin	57
5.2.2 Analisis Hasil Uji Sitotoksitas Semen Ionomer Gelas Modifikasi Resin	62
BAB 6 PEMBAHASAN	67
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN	77
7.1 Kesimpulan	77
7.2 Saran	77
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN	84

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Rerata intensitas sinar (mW/cm^2) dari alat kuring sinar tampak Litex pada tegangan listrik (volt) yang bervariasi (pengamatan pendahuluan)	15
Tabel 5.1 Rerata dan simpang baku kekerasan permukaan (VHN) semen ionomer gelas modifikasi resin menurut tegangan listrik (volt) dan lama penyinaran (detik)	53
Tabel 5.2 Rerata dan simpang baku absorbansi sel setelah terpapar oleh semen ionomer gelas modifikasi resin menurut tegangan listrik (volt) dan lama penyinaran (detik)	55
Tabel 5.3 Prosentase rerata nilai absorbansi sel (dalam %) menurut tegangan listrik (volt) dan lama penyinaran (detik) semen ionomer gelas modifikasi resin terhadap kontrol sel dan kontrol media	56
Tabel 5.4 Hasil uji normalitas data dengan Kolmogorov-Smirnov untuk kekerasan permukaan semen ionomer gelas modifikasi resin	57
Tabel 5.5 Hasil uji Anava dua arah antara tegangan listrik dan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin terhadap kekerasan permukaan	58
Tabel 5.6 Hasil uji Anava satu arah antar kelompok perlakuan terhadap kekerasan permukaan semen ionomer gelas modifikasi resin ..	59
Tabel 5.7 Hasil uji LSD antar kelompok perlakuan terhadap kekerasan permukaan semen ionomer gelas modifikasi resin	60
Tabel 5.8 Hasil uji Regresi linier ganda antara dua variabel tegangan listrik dan lama penyinaran terhadap kekerasan permukaan semen ionomer gelas modifikasi resin	61
Tabel 5.9 Hasil uji Regresi linier ganda masing-masing variabel	61
Tabel 5.10 Hasil uji normalitas data dengan Kolmogorov-Smirnov untuk absorbansi sel	62
Tabel 5.11 Hasil uji Anava dua arah antara tegangan listrik dan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin terhadap absorbansi sel	63

Tabel 5.12 Hasil uji Anava satu arah antar kelompok perlakuan terhadap absorbansi sel	64
Tabel 5.13 Hasil uji LSD antar kelompok perlakuan terhadap absorbansi sel	64
Tabel 5.14 Hasil uji Regresi linier ganda antara dua variabel tegangan listrik dan lama penyinaran terhadap absorbansi sel	66
Tabel 5.15 Hasil uji regresi masing-masing variabel	66

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 4.1 Unit eksperimental semen ionomer gelas modifikasi resin Fuji II LC	38
Gambar 4.2 Bentuk dan ukuran cetakan sampel dan sampel	38
Gambar 4.3 Regulator (Kenika), voltmeter (Heles) dan alat kuring sinar tampak (Litex)	39
Gambar 4.4 Alat uji kekerasan permukaan/ <i>Micro vickers hardness tester</i> (Matsuzawa MXT 70)	39
Gambar 4.5 Bahan yang digunakan pada uji sitotoksisitas	48
Gambar 4.6 Alat yang digunakan pada uji sitotoksisitas	48
Gambar 4.7 Sampel direndam media kultur RPMI-1640 200 μ l dalam Eppendorf	49
Gambar 4.8 <i>Laminar flow</i> : ruangan steril untuk tempat mengerjakan uji sitotoksisitas	49
Gambar 4.9 Inkubator : alat yang digunakan untuk pembiakan sel ...	50
Gambar 4.10 Spektrofotometer : alat yang digunakan untuk mengukur absorbansi sel	50
Gambar 5.1 Rerata kekerasan permukaan (VHN) menurut tegangan listrik (volt) dan lama penyinaran (detik) semen ionomer gelas modifikasi resin	54
Gambar 5.2 Rerata absorbansi sel menurut tegangan listrik (volt) dan lama penyinaran (detik) semen ionomer gelas modifikasi resin	57

DAFTAR LAMPIRAN

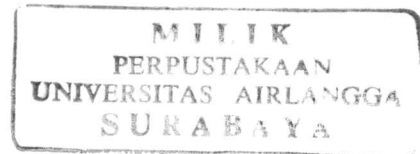
		Halaman
Lampiran 1	Rerata dan simpang baku kekerasan permukaan dan absorbansi sel menurut tegangan listrik dan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin	84
Lampiran 2	Hasil uji normalitas data dengan Kolmogorov-Smirnov untuk kekerasan permukaan dan absorbansi sel	86
Lampiran 3	Hasil uji Anava dua arah antara tegangan listrik dan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin terhadap kekerasan permukaan	90
Lampiran 4	Hasil uji Anava satu arah antar kelompok perlakuan terhadap kekerasan permukaan semen ionomer gelas modifikasi resin	93
Lampiran 5	Hasil uji LSD antar kelompok perlakuan terhadap kekerasan permukaan semen ionomer gelas modifikasi resin	94
Lampiran 6	Hasil uji Regresi linier ganda antara dua variabel dan lama Penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin terhadap kekerasan permukaan	97
Lampiran 7	Hasil uji Anava dua arah antara tegangan listrik dan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin terhadap absorbansi sel	98
Lampiran 8	Hasil uji Anava satu arah antar kelompok perlakuan terhadap absorbansi sel	102
Lampiran 9	Hasil uji LSD antar kelompok perlakuan terhadap absorbansi sel	104
Lampiran 10	Hasil uji Regresi linier ganda antara dua variabel tegangan listrik dan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin terhadap absorbansi sel	108

BAB 1

PENDAHULUAN

TESIS

BAB I
PENDAHULUAN



1.1 Latar Belakang Masalah

Di bidang kedokteran gigi, berbagai bahan restorasi telah berkembang secara luas, baik dari segi teknik aplikasi maupun jenis bahan itu sendiri. Pemilihan bahan restoratif mempunyai pengaruh yang penting terhadap keawetan suatu restorasi, karena bahan restoratif dapat membantu keawetan dari gigi yang bersangkutan. Struktur gigi asli merupakan suatu komoditas yang terbatas, sehingga harus dipertahankan dan dilindungi selama mungkin. Tentunya harus ada alasan yang baik untuk menghilangkan enamel dan dentin yang sehat karena jaringan tersebut tidak akan tergantikan lagi. Oleh karena itu dalam pemilihan suatu bahan restoratif perlu mempertimbangkan berbagai aspek untuk mendapatkan bahan yang paling sesuai. Hal yang perlu dipertimbangkan dari suatu bahan restoratif adalah (Mount dan Hume, 1998) : retensi bahan pada struktur gigi, kemampuan perlindungan terhadap struktur gigi yang tersisa dari kerusakan secara mekanis, pencegahan terjadinya kekambuhan karies, kemampuan remineralisasi di sekeliling struktur gigi, keawetan dalam menerima beban oklusal serta estetik.

Salah satu bahan restorasi yang telah berkembang secara luas adalah resin komposit. Bahan resin komposit ini mempunyai beberapa keuntungan, antara lain (Mount dan Hume, 1998) : estetik baik, dapat dipoles dengan baik, bervariasi untuk keperluan yang berbeda, faktor pemakaian yang dapat diterima. Kekurangan dari resin komposit antara lain : sulit berlekatan pada dentin, hidrofilik, kurang awet.

Bahan restorasi lain yang juga telah berkembang secara luas adalah semen ionomer gelas. Bahan restorasi ini mempunyai beberapa keuntungan, antara lain : beradesi melalui pertukaran ion dengan enamel dan dentin, melepas fluorida, estetik dapat diterima, faktor keawetan baik, kelarutan yang rendah (Mount dan Hume, 1998), biokompatibilitas yang baik dan koefisien termal mendekati struktur gigi (Abdalla dan Alhadainy, 1997), tidak ada pengerutan polimerisasi, tidak melepas monomer sisa dan eksotermis yang rendah (Lloyd dan Scrimgeour, 1996). Kekurangan dari semen ionomer gelas antara lain : ketahanan terhadap abrasi rendah (Van Noort, 1994), kepekaan terhadap kelembaban (Anusavice, 1996), sifat mekanis yang kurang (Abate dkk, 1997), sifat fisik yang kurang (Abdalla dan Alhadainy, 1997), ketahanan terhadap kepatahan rendah (Mount dan Hume, 1998).

Semen ionomer gelas mempunyai kepekaan terhadap kontaminasi kelembaban yang akan mengganggu proses pengerasan awal (*initial setting*). Pengerasan awal ini dapat terjadi beberapa menit, tetapi sebelum 24 jam dapat terjadi presipitasi gelasi dan hidrasi (Ribeiro dkk, 1999). Mekanisme pengerasannya menunjukkan hidrofilik yang tidak stabil pada awal pengerasan. Semen ini sangat peka terhadap kehilangan air dan penyerapan air pada 1 jam setelah pencampuran. Untuk itu perlu dijaga keseimbangan air dengan mengisolasinya hingga 24 jam pertama (Mount, 1997). Kontaminasi air pada bagian permukaan harus dihindari untuk memberikan kesempatan terjadinya pertukaran ion antara semen dan struktur gigi (Stanley, 1990). Selain itu tingkat erosi semen tersebut akan menurun sejalan dengan tingkat kematangan semen (Williams dkk, 1992).

Suatu generasi baru dari bahan restorasi semen ionomer gelas yaitu ionomer hibrida telah diperkenalkan untuk mengatasi berbagai masalah yang merugikan dari semen ionomer gelas. Suatu bahan berupa hibrida semen ionomer gelas konvensional dan resin yang beraktifasi dengan sinar tampak telah dikembangkan. Perpaduan kedua bahan tersebut di satu sisi bertujuan meningkatkan sifat terbaik, di sisi lain bertujuan untuk mengurangi kekurangan kedua bahan tersebut. Perpaduan bahan ini disebut semen ionomer gelas modifikasi resin (Anusavice, 1996; Abdalla dan Alhadainy, 1997; Ribeiro dkk, 1999). Bahan ini dapat berkuring melalui 2 cara, yaitu *dual-cure*, *tri-cure* (Anusavice, 1996; Craig dan Ward, 1997; Mount dan Hume, 1998). Bahan ini dapat bereaksi tanpa penyinaran, yaitu melalui reaksi asam-basa, atau bereaksi dengan penyinaran dari sumber sinar alat kuring sinar tampak (Van Noort, 1994; Ellyza, 1997).

Alat kuring sinar akan menghasilkan sinar tampak (*visible light*) dari sumber sinar *tungsten halogen light bulb* (Anusavice, 1996). Proses kuring resin komposit akan lebih efektif bila diaktifasi dengan sinar tampak pada rentang panjang gelombang antara 450 - 490 nm untuk mengaktifkan proses polimerisasi (Craig dan Ward, 1997). Penyerapan spektrum oleh kamforoquinon, suatu bahan inisiator proses polimerisasi, akan maksimum pada panjang gelombang 470 nm dengan menghasilkan pancaran sinar biru (Fujibayashi dkk, 1996; Craig dan Ward, 1997).

Proses polimerisasi bahan resin komposit dengan aktifasi sinar sangat tergantung pada panjang gelombang dan intensitas sinar. Sumber sinar juga menghasilkan intensitas yang berbeda dengan berjalannya waktu pemakaian, tergantung dari kualitas dan usia lampu, adanya kontaminasi sisa komposit pada ujung lampu, jarak penyinaran (Anusavice, 1996) serta tegangan listrik (Craig dan

Ward, 1997). Adanya penurunan tegangan listrik sebesar 6% menunjukkan adanya penurunan *output* sebesar 25% dari intensitas lampu, tetapi hanya akan menurunkan 10% pada lampu yang dilengkapi dengan regulator tegangan listrik pada sirkuitnya. Dengan *input* tegangan listrik yang rendah dapat menyebabkan penurunan intensitas sinar alat kuring sinar, sehingga dapat mempengaruhi fotoaktifasi dan polimerisasi resin komposit (Fan dkk, 1987). Alat kuring sinar tampak biasanya telah dilengkapi dengan regulator untuk mengatur agar sinar yang dihasilkan konstan. Meskipun demikian intensitas sinar yang bervariasi masih dapat terjadi dan panjang gelombang yang efektif tidak selalu konstan. Untuk mengkompensasi intensitas sinar yang menurun diperlukan waktu pemaparan sinar yang lebih lama. Untuk memperoleh hasil yang sama seperti yang dihasilkan pada intensitas sinar tinggi maka pada intensitas sinar yang rendah memerlukan waktu penyinaran sampai dua atau tiga kalinya (Anusavice, 1996). Penambahan waktu kuring ini ditujukan untuk mengatasi proses polimerisasi yang tidak cukup atau kurang.

Pada kenyataannya, listrik kota sebagai sumber energi listrik alat kuring sinar sering mengalami fluktuasi tegangan listrik. Tegangan listrik dapat berubah-ubah, terjadi penurunan ataupun kenaikan tegangan listrik dari 220 volt. Pengamatan pendahuluan menunjukkan bahwa tegangan listrik dapat berubah yaitu berkisar antara 200 - 235 volt. Fluktuasi tegangan listrik ini akan mempengaruhi intensitas sinar alat kuring sinar. Pengamatan pendahuluan menunjukkan bahwa pada *input* 200 volt akan didapatkan intensitas sinar sebesar $212,3 \text{ mW/cm}^2$. Pada *input* 220 volt diperoleh intensitas sinar sebesar $354,6 \text{ mW/cm}^2$, pada *input* 235 volt diperoleh intensitas sinar sebesar $388,6 \text{ mW/cm}^2$. Pengamatan tersebut menunjukkan bahwa adanya perubahan tegangan listrik dapat mengubah besarnya intensitas sinar dari alat kuring sinar yang

kemungkinan akan mempengaruhi proses polimerisasi bahan restorasi yang mengandung resin.

Pada penelitian ini tegangan listrik untuk penyinaran yang digunakan adalah 220 volt, 210 volt, 200 volt. Untuk tegangan listrik diatas 220 volt tidak dilakukan. Hal ini berdasarkan data yang ada pada hasil penelitian oleh Budi (1993) yang menunjukkan bahwa penyinaran pada resin komposit baik selama 30 detik maupun 60 detik pada tegangan listrik 250 volt secara statistik tidak menunjukkan perbedaan bermakna dengan tegangan listrik 235 volt maupun 220 volt. Mengingat bahan semen ionomer gelas modifikasi resin ini mengandung resin dan bahan inisiator sinar yang kuantitasnya relatif lebih kecil dibanding yang ada pada bahan restorasi resin komposit maka dapat diasumsikan bahwa kemungkinan kekerasan permukaan bahan tersebut juga tidak dipengaruhi secara bermakna oleh adanya kenaikan tegangan listrik sampai 250 volt.

Pemaparan sinar yang tidak cukup (*inadequate*) akan menghasilkan proses polimerisasi resin komposit tidak sempurna (Pearson dan Longman, 1989). Adanya proses polimerisasi yang tidak sempurna ini dapat menyebabkan beberapa masalah, antara lain akan menurunkan ketahanan dalam pemakaian seperti abrasi, atrisi dan erosi (Craig dan Ward, 1997). Indikasi dari ketahanan dalam pemakaian ini dapat diketahui dengan pengukuran kekerasan permukaan (Van Noort, 1994). Selain itu, pada proses polimerisasi yang tidak sempurna juga akan menyebabkan makin tingginya konsentrasi monomer sisa yang tidak berpolimerisasi (Anusavice, 1996; Intan, 2001). Kandungan monomer sisa yang tinggi ini bersifat sitotoksik terhadap sel fibroblas (Geurtsen, 1999) dan dapat bereaksi dengan jaringan pulpa (Anusavice, 1996). Pada penelitian oleh Ruslan (1993) menunjukkan bahwa adanya peningkatan

jumlah monomer sisa pada bahan restorasi resin komposit akan meningkatkan sitotoksitas bahan tersebut sehingga sifat biokompatibilitasnya akan menurun. Resin komposit yang proses polimerisasinya tidak cukup (*inadequate*) menghasilkan sitotoksitas yang parah (Caughman, 1990).

Pada penelitian ini pengujian sampel baik untuk kekerasan permukaan ataupun sitotoksitas dilakukan 10 menit setelah penyinaran dengan sinar tampak selesai. Hal ini untuk mengetahui kekerasan permukaan dan sitotoksitas pada pengerasan awal (*initial set*) yang secara klinis telah mengeras dalam 4 - 10 menit (Mount dan Hume, 1998). Hal lain yang menjadi pertimbangan bahwa bahan restorasi ini dengan adanya penambahan sejumlah kecil resin dan fotoinisiator sinar diharapkan pada waktu tahap reaksi kimiawi, yaitu reaksi asam basa antara partikel gelas dengan asam polialkenoat, yang dilanjutkan dengan penyinaran dengan sinar tampak maka bahan tersebut akan mengeras dengan cepat sehingga kontaminasi air dapat dieliminasi. Untuk selanjutnya pembentukan rantai poliakrilat akan terus terbentuk di bawah perlindungan resin yang telah mengeras.

Semen ionomer gelas diketahui rentan baik oleh kelembaban maupun dehidrasi terutama pada waktu mencapai kekerasan yang cukup (Wilson dan McLean, 1998), yang dapat menyebabkan sifat mekanis semen (kekerasan permukaan) akan menjadi jelek (Yao, 1990). Bahan restorasi semen ionomer gelas ini, respon terhadap pulpa dapat diklasifikasikan lemah dan sedang serta kurang iritasi. Hal ini kemungkinan disebabkan karena tidak mengandung asam kuat dan monomer yang bersifat toksik (Anusavice, 1996). Bahan restorasi tersebut mempunyai toleransi yang baik terhadap jaringan pulpa sehat yang terbuka. Bahkan bahan restorasi ini dikatakan dapat menghasilkan suatu produk yang menyerupai sedasi pada suatu peradangan

(Mount, 1999). Semen ionomer gelas menunjukkan kurang sitotoksik dibanding resin komposit (Caughman, 1990). Pada beberapa penelitian menunjukkan bahwa dengan penambahan resin ke dalam semen ionomer gelas, yaitu pada beberapa semen ionomer gelas modifikasi resin, menunjukkan reaksi sitotoksitas yang tinggi dibanding semen ionomer gelas konvensional (Kandik, 1997; Geurtsen, 1999).

Dari penjabaran di atas timbul pemikiran apakah sifat bahan restorasi resin komposit dan semen ionomer gelas konvensional juga berlaku untuk semen ionomer gelas modifikasi resin. Selain itu, apakah dengan adanya modifikasi sejumlah kecil resin dan fotoinisiator pada semen ionomer gelas modifikasi resin ini akan berpengaruh terhadap kekerasan permukaan dan sitotoksitasnya bila terjadi penurunan tegangan listrik dan penambahan lama penyinaran. Sejauh ini belum ada yang menyebutkan apakah adanya penurunan tegangan listrik dan penambahan lama penyinaran pada semen ionomer gelas modifikasi resin mempengaruhi kekerasan permukaan dan sitotoksitas.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pemikiran di atas dapat dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut :

1. Apakah adanya penurunan tegangan listrik (220 volt, 210 volt, 200 volt) dan penambahan lama penyinaran (20 detik, 40 detik, 60 detik) semen ionomer gelas modifikasi resin akan mempengaruhi kekerasan permukaan.
2. Apakah adanya penurunan tegangan listrik (220 volt, 210 volt, 200 volt) dan penambahan lama penyinaran (20 detik, 40 detik, 60 detik) semen ionomer gelas modifikasi resin akan mempengaruhi sitotoksitas.

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dampak penurunan tegangan listrik dan penambahan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin terhadap kekerasan permukaan dan sitotoksitas.

1.3.2 Tujuan Khusus

1. Untuk mengetahui pengaruh penurunan tegangan listrik dan penambahan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin terhadap kekerasan permukaan.
2. Untuk mengetahui pengaruh penurunan tegangan listrik dan penambahan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin terhadap sitotoksitas.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Informasi tentang sifat kekerasan permukaan dan sitotoksitas dari bahan restorasi semen ionomer gelas modifikasi resin.
2. Informasi yang bermanfaat tentang lama penyinaran yang cukup untuk mengkompensasi adanya penurunan tegangan listrik penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin sehingga tidak menyebabkan penurunan kekerasan permukaan dan meningkatkan sitotoksitas.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

TESIS

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Semen Ionomer Gelas Modifikasi Resin

Perkembangan bahan restorasi semen ionomer gelas mengarah pada bentuk hibrida yang berupa penggabungan antara semen ionomer gelas dan resin. Upaya penggabungan kedua komponen bahan tersebut ditujukan untuk mengatasi masalah atau kekurangan dari semen ionomer gelas, misalnya kekuatan mekanis inisial yang rendah dan kepekaan terhadap kelembaban. Di sisi lain tetap mempertahankan sifat yang menguntungkan dari kedua komponen bahan.

Hingga saat ini pemakaian istilah yang baku untuk penggabungan kedua komponen bahan tersebut belum ada kesepakatan yang pasti. Anusavice (1996) mengidentifikasi bahan tersebut dengan beberapa nama, yaitu *light-cured GICs*, *dual cure GICs* (berkuring dengan sinar dan bereaksi asam basa), *tri-cure GICs* (*dual cure* serta berkuring secara kimia) *resin-ionomers*, *compomer*, *hybrid ionomers*. Istilah *resin-modified GIC* (semen ionomer gelas modifikasi resin) sering digunakan hingga didapatkan suatu istilah yang universal.

Menurut Mount dan Hume (1998) semen ionomer gelas modifikasi resin merupakan bahan restorasi yang mengandung komponen dari semen ionomer gelas yang dimodifikasi dengan sejumlah kecil resin tambahan, pada umumnya adalah hidroksietil metakrilat (HEMA). Bahan restorasi tersebut mengeras sebagian melalui reaksi asam basa dan sebagian lain melalui polimerisasi fotokimia. Selain itu, pada beberapa bahan, polimerisasi komponen resin tersebut memerlukan mekanisme inisiator secara kimia.

Ada suatu usaha pembagian kelompok secara kasar berdasarkan reaksi kimia.

Klasifikasi tersebut adalah sebagai berikut (Felkel, 1995) :

1. *Silicate glass resin composites atau silicate filled resin composit*
2. Penambahan resin pada semen ionomer gelas konvensional atau semen ionomer gelas modifikasi resin
3. *Methacrylate-modified polyacid acids*
4. *Acid-modified dimethacrylate resin composites*

Tiga kelompok yang terakhir sering disebut sebagai 'Resin ionomer' atau 'Hybrid ionomer'. Kelompok 2 dan 3 sering disebut sebagai semen ionomer gelas modifikasi resin, dan kelompok 4 disebut sebagai 'Compomer'. Untuk kelompok semen ionomer gelas modifikasi resin tersebut dapat mengeras (*setting*) dalam keadaan gelap (Felkel, 1995). Menurut Ellyza (1997) bahan tersebut dapat terjadi reaksi pengerasan meskipun tanpa penyinaran. Bila bahan ini tidak disinari maka akan mengeras sekitar 15 - 20 menit (Van Noort, 1994). Berbeda dengan kompomer yang selalu memerlukan aktivasi sinar untuk dapat mencapai pengerasan (Abate dkk, 1997).

2.2 Komposisi Semen Ionomer Gelas Modifikasi Resin

Sediaan semen ionomer gelas modifikasi resin terdiri dari bubuk dan cairan yang manipulasinya memerlukan pengadukan antara keduanya. Semen yang mempunyai mekanisme pengerasan dengan sinar ini, ditambahkan suatu katalis yang dapat beraktivasi dengan sinar sehingga menyebabkan bubuk tersebut peka terhadap sinar di sekitarnya (Mount dan Hume, 1998). Pada umumnya komposisi bubuk semen jenis ini sama seperti pada semen ionomer gelas konvensional, yaitu gelas kalsium fluoroaminosilikat yang dapat melepas ion, tetapi ditambahkan inisiator yang dapat berkuring secara sinar atau secara kimia, ataupun keduanya (Anusavise, 1996).

Cairan semen ionomer gelas modifikasi resin mengandung 5 - 15% komponen resin dalam bentuk HEMA yang bersama-sama dengan kurang dari 1% kelompok yang berpolimerisasi dan suatu fotoinisiator (Mount dan Hume, 1998) contohnya adalah kamforoquinon (Tay dan Lynch, 1990). Menurut Anusavice (1996) cairan semen ini terdiri dari air, asam poliakrilik atau asam poliakrilik dengan beberapa gugus karboksilat yang dimodifikasi dengan metakrilat dan monomer hidroksietil metakrilat (HEMA). Kedua zat yang terakhir ini peka terhadap polimerisasi.

2.3 Reaksi Pengerasan Semen Ionomer Gelas Modifikasi Resin

Reaksi pengerasan atau polimerisasi semen ionomer gelas *light-cured* dapat dijelaskan melalui 4 tahap reaksi (Mitra, 1991). Ketika bubuk dan cairan semen tersebut diaduk bersama, reaksi ionomer gelas konvensional akan dimulai dengan segera. Reaksi tersebut merupakan tipe reaksi asam basa yang akan menghasilkan hubungan saling silang (*cross-linking*) dari rantai polikarboksilat oleh ion logam dari gelas seperti yang terdapat pada 3 tahap pertama. Tahap keempat merupakan reaksi polimerisasi tambahan dengan adanya aktivasi dari sinar tampak. Tahap-tahap pengerasan tersebut adalah sebagai berikut :

1. Tahap 1 : asam polikarboksilat diionisasi dalam air dengan adanya gelas fluoroaluminosilikat untuk membentuk suatu polimer karboksilat bermuatan negatif dan proton.
2. Tahap 2 : proton-proton ini bereaksi dengan gelas fluoroaluminosilikat yang menyebabkan terlepasnya ion-ion Ca^{2+} , Al^{3+} , AlF_2^+ .
3. Tahap 3 : kompleks ion positif ini dengan polimer polikarboksilat yang bermuatan negatif membentuk jaringan (*network*) yang saling silang secara ionik. Beberapa

ion positif yang dilepas dari gelas merupakan struktur yang kompleks dan ada yang mengandung fluorida seperti AlF^{2+} dan AlF_2^+ .

4. Tahap 4 : tahap ini terjadi dengan adanya aktivasi sinar tampak yang berlangsung sebelum semen tersebut bereaksi secara lengkap. Reaksi tersebut terjadi melalui gugus *pendant* metakrilat dari rantai molekul polikarboksilat dengan adanya pemaparan sinar tampak yang selanjutnya akan terjadi reaksi polimerisasi.

Setelah pengadukan dan penempatan bahan dilakukan, aplikasi sinar aktivator akan menghasilkan pengerasan yang cepat pada kedalaman tertentu dari penetrasi sinar. Pada keadaan tersebut akan terjadi *photo-cross-linking*, baik dari HEMA maupun gugus metakrilat polimer, dan restorasi secara klinis akan mengeras (Mount dan Hume, 1998).

Menurut Saito (1993) semen ionomer gelas modifikasi resin Fuji II LC yang digunakan pada penelitian ini mempunyai tipe kuring yaitu *triple cure*. Pertama, ketika bubuk dan cairan semen diaduk akan terjadi reaksi asam basa seperti pada semen ionomer gelas konvensional. Kedua, penyinaran dengan sinar tampak akan menginisiasi fotopolimerisasi yaitu HEMA menjadi poli-HEMA. Sementara itu reaksi asam basa semen ionomer gelas terus berlangsung meskipun penyinaran telah selesai. Akhirnya, proses kuring telah selesai ketika garam yang mengandung logam (metalik) poliakrilat dan poli-HEMA telah mengelilingi molekul-molekul bubuk semen untuk membentuk matriks.

2.4 Struktur Semen Ionomer Gelas Modifikasi Resin

Struktur bahan yang telah mengeras dari semen ionomer gelas terdiri dari partikel-partikel gelas yang tidak bereaksi. Partikel-partikel tersebut dikelilingi dan didukung oleh hidrogel bersilika yang terikat pada suatu matriks *polysalt* dari molekul

asam polialkenoat yang bersaling silang (*cross-link*) pada ion kalsium dan aluminium (Mount dan Hume, 1998). Jaringan yang terbentuk (*framework*) ini dapat dianggap sebagai suatu poros untuk dapat dilewati ion dengan dimensi kecil, seperti ion hidroksil dan fluorida, yang bebas bergerak melalui bahan tersebut.

Semen yang telah mengeras mengandung air, baik yang berikatan di dalamnya maupun yang bebas, sehingga bahan ini dianggap sebagai suatu semen berbahan dasar air. Pada tahap awal yaitu segera setelah pengadukan, rantai kalsium poliakrilat akan memendek sehingga air akan terlepas keluar dan hilang. Di sisi lain, bila semen terpapar oleh udara maka akan kehilangan sejumlah air yang tidak terikat dan terjadi dehidrasi, sehingga semen akan kehilangan baik integritas secara fisik maupun kekuatannya.

Pada bahan semen ionomer gelas modifikasi resin diperkirakan mempunyai suatu matriks saling silang yang multipel atau suatu matriks yang terdiri dari 2 fase terpisah (matriks *polysalt* dan matriks *poly-HEMA*). Salah satu atau keduanya akan menghambat pertukaran air pada tahap awal, tapi untuk jangka panjang tidak dapat mencegah lebih lanjut perkembangan dan pematangan melalui reaksi asam basa.

2.5 Faktor-faktor Yang Berpengaruh Dalam Proses Polimerisasi Semen Ionomer

Gelas Modifikasi Resin

Mempelajari proses polimerisasi semen ionomer gelas modifikasi resin tidak bisa terlepas dari mekanisme polimerisasi bahan restorasi resin komposit. Hal ini mengingat bahwa salah satu tahap pengerasan bahan tersebut melalui proses polimerisasi metakrilat radikal bebas seperti yang ada pada komposit. Proses polimerisasi yang tidak sempurna akan menyebabkan penurunan derajat polimerisasi sehingga memungkinkan terjadinya degradasi bahan. Keadaan ini terbukti melalui

penelitian yang dilakukan oleh Pearson dan Longman (1989), menyatakan bahwa polimerisasi yang tidak adekuat akan meningkatkan kelarutan dan penyerapan air serta akan menurunkan kekerasan permukaan restorasi berbahan dasar resin.

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses polimerisasi semen ionomer gelas modifikasi resin antara lain :

a. Intensitas sinar.

Intensitas sinar adalah energi yang diperoleh persatuan waktu persatuan luas. Menurut Fan dkk (1987) intensitas sinar dari sumber sinar tampak dapat dipengaruhi oleh tegangan listrik. Penurunan intensitas dapat disebabkan oleh *input* tegangan listrik yang rendah. Intensitas sinar sebesar 100% yang diperoleh dari alat yang beroperasi pada 120 volt akan menghasilkan fotopolimerisasi yang lebih efektif. Sebaliknya, pada nilai intensitas sinar yang minimum tidak dapat mencapai fotoaktifasi yang dapat diterima dan tidak efektif. Pada penurunan tegangan listrik yang dapat menurunkan nilai intensitas sinar ini selain akan mengganggu fotoaktifasi juga polimerisasi bahan resin, yang akan menghasilkan sifat fisik maupun penampilan restorasi yang kurang. Untuk mendapatkan proses polimerisasi yang lebih sempurna maka diperlukan penyinaran resin dari sumber sinar yang lebih intensif, sehingga dengan intensitas sinar yang meningkat juga akan diikuti makin kerasnya bahan restorasi (Blakenau dkk, 1983).

Intensitas sinar pada permukaan resin merupakan faktor yang kritis dalam kelengkapan proses kuring/polimerisasi baik di bagian permukaan maupun di bagian dalam bahan. Menurut Craig dan Ward (1997) adanya penurunan tegangan listrik sebesar 6% menunjukkan penurunan *output* sebesar 25% dari intensitas sumber sinar, yang hanya sebesar 10% untuk lampu yang dilengkapi dengan regulator tegangan

listrik dalam sirkuitnya. Secara umum *output* dari beberapa sumber sinar akan menurun sejalan dengan lama pemakaian. Selain itu, intensitas sinar juga akan menurun dengan bertambahnya jarak penyinaran. Menurut Poulus dan Styner (1997) intensitas sinar yang dikeluarkan alat kuring sinar dapat mempengaruhi kedalaman dan waktu yang diperlukan untuk polimerisasi lengkap dari resin komposit.

Pengamatan pendahuluan yang telah dilakukan dengan tegangan listrik yang bervariasi dari 200 - 235 volt pada alat kuring sinar Litex menunjukkan bahwa nilai intensitas sinar, yang diukur dengan *Cure Rite Visible Curing Light Meter*, ikut berpengaruh seperti dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Rerata intensitas sinar (mW/cm^2) dari alat kuring sinar Litex pada tegangan listrik (volt) yang bervariasi (pengamatan pendahuluan)

Tegangan listrik (volt)	Intensitas sinar (mW/cm^2)
235	388,60
230	371,33
225	365,33
220	354,60
215	319,33
210	296,33
205	240,33
200	212,33

b. Lama penyinaran

Standar waktu penyinaran untuk bahan restorasi yang menggunakan sinar tampak adalah sekitar 20 detik (Van Noort, 1994; Craig dan Ward, 1997). Lama penyinaran tersebut sesuai untuk bahan resin yang berwarna terang dan cukup tipis yaitu 2 - 2,5 mm tetapi tidak cukup untuk yang berukuran tebal. Oleh karena itu diperlukan waktu penyinaran selama 40 detik untuk memperbaiki derajat

kuring/polimerisasi pada semua kedalaman. Disebutkan pula bahwa waktu kuring dapat berkisar antara 40 - 60 detik.

Menurut Burke dkk (1990) dengan perpanjangan waktu penyinaran dari 30 detik menjadi 60 detik secara bermakna akan meningkatkan kedalaman kuring pada bahan semen ionomer gelas *light-cured*, yang termasuk dalam semen ionomer gelas modifikasi resin. Lama kuring yang lebih dari 60 detik cenderung tidak efisien (Van Noort, 1994).

Pada keadaan intensitas sinar yang rendah maka diperlukan waktu penyinaran antara 80 - 240 detik untuk memperoleh hasil yang sama seperti yang dihasilkan oleh intensitas sinar yang tinggi selama 20 - 60 detik penyinaran. Disebutkan pula bahwa pada intensitas sinar yang rendah memerlukan waktu penyinaran sampai dua atau tiga kalinya. Perpanjangan waktu penyinaran tersebut diperlukan untuk mengompensasi adanya penurunan intensitas sinar (Anusavice, 1996).

c. Jarak penyinaran

Menurut Van Noort (1994) intensitas sinar pada permukaan bahan akan berkurang secara berbanding terbalik terhadap jarak antara sumber sinar dan permukaan resin. Meskipun demikian harus dipastikan bahwa pada jarak yang sedemikian dekat untuk tidak menyebabkan ujung alat kuring sinar menjadi terkontaminasi bahan, yang dapat mengakibatkan penurunan efisiensi proses kuring.

Ujung alat (*tip*) sumber sinar harus dijaga setidaknya berjarak 1 mm dari permukaan bahan untuk mendapatkan penetrasi yang optimum (Craig dan Ward, 1997). Menurut Mount dan Hume (1998) sumber sinar harus sedekat mungkin pada permukaan bahan restorasi, dengan jarak yang dianjurkan tidak melebihi 4 mm dari permukaan bahan.

d. Ketebalan bahan

Secara umum bahan restorasi komposit dapat berkuring melalui inisiasi sinar tampak hingga ketebalan 2 mm (Anusavice, 1996), antara 2 - 2,5 mm (Craig dan Ward, 1997), 2 - 3 mm untuk resin komposit *microfilled* dan 4 - 5 mm untuk resin hibrida (Mount dan Hume, 1998).

Penelitian yang dilakukan oleh Burke dkk (1990) menunjukkan bahwa semen ionomer gelas *light-cured* dapat berkuring pada kedalaman 5 mm setelah 12 jam dari penyinaran awal ataupun tanpa penyinaran. Menurut Swift dkk (1995) segera setelah aktifasi sinar, bahan restorasi semen ionomer gelas modifikasi resin masih terlalu lunak untuk kedalaman 5 mm. Ketebalan bahan yang disarankan untuk penumpatan dan proses kuring adalah setebal 2 – 3 mm dan secara bertahap untuk pemakaian di klinik dari bahan tersebut. Derajat kuring akan menurun dengan bertambahnya ketebalan bahan (Mount dan Hume, 1998).

e. Warna bahan restorasi

Pancaran sinar dari sumber sinar yang ditujukan pada bahan restorasi akan direfleksikan, dipancarkan dan diserap yang akan membatasi besarnya penetrasi pada bahan (Combe, 1992; Van Noort, 1994). Warna bahan restorasi yang berwarna lebih gelap mutlak diperlukan penambahan perpanjangan waktu kuring (Swatz dkk, 1983). Warna yang lebih terang akan dapat mencapai kedalaman kuring yang lebih besar (Mount dan Hume, 1998)

2.6 Sinar Tampak

Sinar tampak (*visible light*) merupakan bagian terkecil dari spektrum/radiasi elektromagnetik yang dapat dideteksi oleh retina mata manusia. Radiasi

elektromagnetik tersebut mempunyai panjang gelombang antara 380 - 700 nm (Combe, 1992) atau 400 - 700 nm (Van Noort, 1994). Warna sinar putih dibentuk dari campuran warna seperti yang dapat dijelaskan dari percobaan oleh Newton yang akan menghasilkan dispersi dari warna putih yang melalui suatu prisma (Combe, 1992).

Mengarakteristikan suatu sumber sinar tampak, merupakan suatu hal yang esensial untuk mengetahui seberapa besar sinar yang diemisikan pada tiap panjang gelombang. Energi relatif yang digunakan untuk mendapatkan fotopolimerisasi dari suatu bahan restorasi gigi menggunakan sinar biru yang berpanjang gelombang antara 470 - 480 nm (Combe, 1992). Panjang gelombang tersebut dapat bervariasi antara 468 - 480 nm (Blankenau dkk, 1983), 450 - 500 nm (Fan dkk, 1987; Van Noort, 1994) dan 450 - 490 nm (Craig dan Ward, 1997).

Sumber sinar biru tersebut diperoleh dari alat kuring (*visible light curing unit*) yang dapat menghasilkan *output* sinar maksimum sekitar 470 nm untuk dapat efektif menginisiasi bahan restorasi yang beraktifasi dengan sinar. Komponen alat kuring yang mendapat energi dari listrik tersebut adalah (Combe, 1992) :

1. Bola lampu halogen
2. Transformer dan sirkuit kontrol
3. Filter sinar
4. Saklar (*switch*)
5. Pengatur waktu
6. Ujung kuring dengan diameter yang bervariasi

Survei yang dilakukan oleh Martin (1998) menunjukkan bahwa 27% dari 214 alat kuring sinar tercatat mempunyai intensitas sinar 200 mW/cm^2 atau kurang, yang nilai ini dianggap tidak adekuat untuk dapat menguring bahan resin komposit setebal

2 mm. Dua puluh enam persen mempunyai intensitas sinar 201 - 399 mW/cm², nilai ini masih memerlukan waktu kuring tambahan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa lebih dari setengah jumlah alat kuring tersebut tidak dapat berfungsi secara memuaskan. Penurunan intensitas sinar tercatat terutama untuk alat yang lebih tua. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Poulos dan Styner (1997) yang menyatakan bahwa pada alat kuring yang berumur 1 - 2 tahun mempunyai *output* intensitas sinar rata-rata 432 mW/cm². Sedangkan untuk alat kuring yang berumur 3 tahun mempunyai *output* intensitas sinar rata-rata 376 mW/cm².

Pada alat kuring sinar dapat terjadi deteriorasi yang dalam hal ini penting untuk mendapatkan kualitas dari *output* sinar. Oleh karena itu alat kuring harus dilakukan pemeliharaan dan diperiksa dengan interval yang teratur terutama mengenai intensitas sinar yang dihasilkan (Van Noort, 1994; Anusavice, 1996; Craig dan Ward, 1997; Martin, 1998).

2.7 Kekerasan Permukaan

Kekerasan permukaan merupakan kemampuan suatu bahan untuk menahan abrasi atau pemakaian (Anusavice, 1996). Menurut Van Noort (1994) kekerasan permukaan adalah ketahanan suatu bahan terhadap penetrasi oleh suatu beban tertentu (*indentor*) atau alat yang dapat untuk memotong (*cutting tool*). Hal ini memberikan suatu indikasi dari ketahanan suatu beban goresan atau abrasi.

Kekerasan permukaan suatu bahan dapat dengan mudah diukur melalui beberapa teknik yang akan menghasilkan suatu nilai kekerasan, dengan pemikiran bahwa kekerasan akan memberikan suatu indikator yang baik dari ketahanan pemakaian suatu bahan (Van Noort, 1994). Ketahanan pemakaian merupakan suatu

fenomena kompleks yang meliputi abrasi, atrisi dan erosi. Oleh karena itu suatu bahan yang telah difotoinisiasi akan lebih tahan dalam pemakaian.

Proses pengerasan bahan restorasi semen ionomer gelas modifikasi resin, terutama di bagian atas, sangat dipengaruhi intensitas dan lama pemaparan sinar, pengerasan di bagian dalam merupakan hal yang sangat kompleks (Abate dkk, 1997). Bahan tersebut akan merefleksikan, mengabsorpsi dan menyebarkan sinar yang mengaktifkannya sehingga dapat menurunkan efek reaksi polimerisasi. Sinar kuring dapat mempunyai pengaruh yang bermakna terhadap kekerasan bahan, yang dapat diartikan bahwa aktifasi secara fisik merupakan faktor penting untuk mendapatkan nilai kekerasan awal yang tinggi.

Aktifasi sinar akan dicapai dengan sinar biru berpanjang gelombang sekitar 470 nm yang diabsorpsi oleh kamforoquinon yang ditambahkan ke dalam bahan restorasi. Reaksi ini dipercepat oleh adanya suatu amina organik yang terdiri dari suatu karbon berikatan rangkap (Craig dan Ward, 1997). Adanya aktifasi sinar akan menghasilkan suatu keadaan yang dapat merangsang bahan fotoinisiator, kamforoquinon, dan akan berinteraksi dengan amina untuk membentuk radikal bebas yang mengawali proses polimerisasi. Bagaimanapun, faktor seperti intensitas sinar dan jarak penyinaran dapat secara bermakna mempengaruhi banyaknya radikal bebas yang terbentuk (Anusavice, 1996). Makin banyak radikal bebas yang terbentuk akan makin banyak pertumbuhan rantai polimer. Selanjutnya, makin banyaknya jumlah pengulangan unit polimer maka derajat polimerisasi juga akan makin meningkat yang akan meningkatkan sifat mekanis dari resin, antara lain kekerasan bahan (Combe, 1992; Anusavice, 1996). Pada proses polimerisasi yang tidak adekuat, yang dapat disebabkan oleh intensitas sinar yang rendah, akan menurunkan ketahanan suatu

bahan (Craig dan Ward, 1997), juga akan menurunkan kekerasannya (Pearson dan Longman, 1989).

Pengujian kekerasan permukaan dengan menggunakan suatu indentor yang dapat berbentuk bola (Brinell), piramida (Vickers dan Knoop) dan *cone* (Rockwell) dengan ketentuan bahwa indentor harus lebih keras dari pada bahan yang diuji. Indentor yang ada pada alat uji tersebut ditekan pada permukaan bahan yang dilakukan selama periode waktu tertentu, sehingga akan meninggalkan suatu bentuk tapak dari indentor tersebut. Ukuran dari tapak tersebut tergantung dari kekerasan bahan yang diukur (Van Noort, 1994). Besarnya nilai kekerasan permukaan ini tergantung baik pada kedalaman maupun luas daerah yang terindentasi. Makin kecil indentasi, akan memberikan nilai kekerasan yang makin besar yang menunjukkan bahwa bahan tersebut makin keras, demikian juga sebaliknya (Combe, 1992; Anusavice, 1996).

Untuk menguji bahan semen ionomer gelas modifikasi resin dapat menggunakan alat uji *Micro Vickers Hardness Tester* (Attin dkk, 1996). Alat tersebut dilengkapi indentor dari intan yang berbentuk piramida dengan tapak yang tercetak berbentuk segi empat. Panjang diagonal hasil indentasi diukur dan dirata-rata untuk menentukan nilai kekerasan permukaan (Anusavice, 1996).

Nilai kekerasan permukaan menggunakan rumus *Vickers Hardness Number*, yaitu :

$$\text{VHN} = \frac{1854,4 \times P}{d^2}$$

VHN : nilai kekerasan Vickers (kg/mm²)
 P : beban (gram)
 d : rata-rata garis diagonal

2.8 Biokompatibilitas

Pada awal tahun 1960 kata biokompatibilitas belum umum digunakan. Kata toksisitas lebih sering digunakan pada diskusi tentang bahan kedokteran gigi (Anusavice, 1996). Istilah biokompatibel didefinisikan pada *Donald's Illustrated Medical Dictionary* sebagai sesuatu yang bersifat harmonis dengan kehidupan dan tidak memberikan efek toksik atau kerusakan/jejas terhadap fungsi biologis (Anusavice, 1996). Biokompatibilitas juga didefinisikan sebagai kompatibilitas bahan dan alat buatan pabrik terhadap jaringan dan cairan tubuh. Perkembangan suatu bahan di dalam rongga mulut harus dipertimbangkan tidak hanya mengenai aspek kekuatan, estetika atau fungsional bahan tetapi biokompatibilitasnya juga harus baik (Craig dan Ward, 1997).

Bahan restorasi gigi dijelaskan sebagai suatu sub kelompok khusus dari yang lebih umum yang disebut sebagai biomaterial. Bila suatu bahan/material ditempatkan di dalam atau kontak dengan tubuh manusia maka secara umum disebut sebagai biomaterial. Suatu biomaterial dapat didefinisikan sebagai suatu bahan tidak hidup yang dirancang untuk berinteraksi dengan sistem biologis (Van Noort, 1994).

Interaksi antara bahan dan jaringan dapat mengubah metabolisme normal dan proses fisiologis. Interaksi ini dapat secara fisika maupun kimia sehingga sel-sel dapat mengalami proses degenerasi, kematian atau nekrosis (Craig dan Ward, 1997). Jadi apabila suatu biomaterial diletakkan dalam keadaan kontak dengan jaringan atau cairan tubuh manusia maka bahan tersebut tidak berubah menjadi bentuk lain akibat interaksi antara bahan dan lingkungan biologis. Interaksi tersebut harus membentuk subyek yang bersifat biokompatibel. Suatu bahan dikatakan biokompatibel bila mempunyai suatu kualitas yang tidak merusak di lingkungan biologis (Levina dan

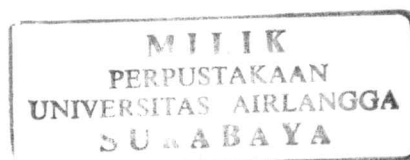
Edgerton, 1993; Van Noort, 1994). Perlu disadari bahwa interaksi tersebut melibatkan kedua benda. Suatu bahan dapat mempengaruhi melalui beberapa cara yaitu melalui lingkungan biologis, juga lingkungan biologis dapat mempengaruhi suatu bahan (Van Noort, 1994).

Pada umumnya biokompatibilitas dapat diukur berdasarkan sitotoksisitas lokal, respon sistemik, alergenitas dan karsinogenitas (Anusavice, 1996). Persyaratan biokompatibilitas bahan kedokteran gigi meliputi (Combe, 1992; Anusavice, 1996):

1. Tidak membahayakan jaringan lunak dan pulpa
2. Tidak mengandung substansi toksik yang dapat terlepas dan diabsorpsi ke dalam sistem sirkulasi sehingga menyebabkan suatu respon toksik secara sistemik
3. Bebas dari bahan yang dapat berpotensi menimbulkan reaksi alergi
4. Tidak berpotensi sebagai mutagen atau karsinogen

Uji untuk evaluasi biokompatibilitas bertujuan mengeliminasi beberapa produk potensial atau komponen dari produk yang dapat membahayakan atau merusak jaringan rongga mulut atau maksilofasial. Klasifikasi uji biokompatibilitas adalah sebagai berikut (Anusavice, 1996):

1. Uji primer (*primary test*) merupakan evaluasi sitotoksisitas suatu bahan yang diletakkan secara langsung pada kultur sel atau di atas membran yang menutupi kultur sel.
2. Uji sekunder (*secondary test*) merupakan evaluasi suatu bahan berdasarkan potensinya untuk dapat menyebabkan toksisitas sistemik, toksisitas pernapasan, iritasi kulit dan sensitisasi, serta respon implantasi.



3. Uji pemakaian pra klinis merupakan evaluasi suatu bahan untuk pemakaian klinis yang tidak membahayakan pada manusia.

2.9 Kultur Sel

Salah satu persyaratan bahan kedokteran gigi untuk dapat diaplikasikan pada rongga mulut yaitu harus bersifat biokompatibel antara lain tidak mengandung substansi toksik (Combe, 1992; Anusavice, 1996). Setidaknya dilakukan suatu cara untuk menguranginya antara lain dengan cara menurunkan tingkat substansi toksik yang terlarut (Craig dan Ward, 1997).

Untuk mengevaluasi bahan kedokteran gigi dalam hal biokompatibilitas dapat dilakukan dengan uji sitotoksitas. Uji sitotoksitas mempunyai beberapa keuntungan antara lain (Craig dan Ward, 1997):

1. Menguji fungsi khusus metabolisme sel yang telah diisolasi
2. Skrining sejumlah besar sampel secara cepat
3. Hasil dapat dihitung
4. Memberikan sensitivitas yang besar terhadap bahan toksin
5. Mempunyai potensial untuk standarisasi dari metoda pengujian

Pada umumnya uji sitotoksitas untuk mengukur efek bahan dalam hal :

1. Jumlah dan pertumbuhan sel
2. Integritas membran sel
3. Aktivitas biokimia
4. Bahan genetik dari sel

Cara pengujian sitotoksitas bahan kedokteran gigi adalah melalui metoda kultur sel. Mengkultur sel artinya menempatkan sel hidup ke dalam suatu media yang dapat menghantarkannya untuk berkembang biak atau tumbuh secara *in vitro*.

Pertumbuhan sel dilakukan dengan cara mitosis. Untuk mendukung terjadinya proses mitosis diperlukan persyaratan dari media kultur yang disesuaikan dengan media kehidupan sel secara *in vivo* atau setidaknya mendekatinya (Suprpto, 1999).

Berdasarkan sumber bahan yang dikultur dan metoda kultur yang digunakan, kultur sel dibagi menjadi (Suprpto, 1999):

a. Kultur primer (*primary culture*)

Kultur dari bahan yang diambil secara langsung dari hewan atau manusia, dapat berupa organ, jaringan maupun sel. Umumnya kultur primer berumur pendek yang hanya dapat dilakukan subkultur beberapa kali saja dan sesudahnya akan mati.

b. Kultur sel diploid (*diploid cell culture*)

Kultur ini adalah *strain* dari sel yang diperoleh dengan jalan melakukan papase berkali-kali kultur sel primer dan umumnya akan mati setelah papase mencapai 50 - 70 kali.

c. Kultur sel kontinyu (*continuous cell culture*) atau kultur *cell line*

Kultur dari sel-sel yang telah mengalami transformasi atau yang berasal dari sel neoplasma. Pada umumnya dapat disubkultur sampai tidak terbatas.

Metoda kultur *cell line* banyak digunakan untuk menguji biokompatibilitas bahan-bahan dan obat-obatan yang banyak digunakan di bidang kedokteran gigi. Beberapa contoh kultur *cell line* yang sering digunakan adalah L-929 berasal dari sel fibroblas paru-paru mencit, Hela dari epitel manusia, BHK-21 dari fibroblas ginjal hamster baru lahir. BHK-21 mempunyai *split ratio* tinggi maka sel tersebut dapat disubkultur 5-8 kali.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Ruslan (1993) menggunakan kultur sel BHK-21 untuk menguji biokompatibilitas resin komposit. Media yang digunakan

adalah media *Basal Medium Eagle's* yang ditambah serum *Bovine* 10%, *streptomycin* 250 mg/l dan *garamycin* 60 mg/l.

Untuk mengevaluasi sitotoksitas bahan siler saluran akar ionomer gelas, Beltes dkk (1997) menggunakan kultur *cell line* BHK-21 dengan media *MEM* (*Eagle's minimum essential medium*) yang ditambah dengan *Foetal Calf Serum* 10%, *penicillin* 100 UI/ml dan *streptomycin* 50 mg/ml.

2.10 Pengukuran Sitotoksitas

Penentuan sitotoksitas suatu bahan dapat melalui perhitungan jumlah dan pertumbuhan sel setelah terpapar suatu bahan. Pengukuran kepadatan sel pada pertumbuhan sel kultur dapat dilakukan secara kualitatif, semi kuantitatif dan kuantitatif (Craig dan Ward, 1997).

Salah satu cara pengukuran sitotoksitas yaitu dengan esei MTT, suatu esei pada *microplate* yang tidak memerlukan transfer sel. Uji ini dapat digunakan untuk mengukur proliferasi dan kemampuan hidup suatu sel. Prinsip dasar dari uji MTT adalah kemampuan sel hidup untuk mengubah larutan garam tetrazolium MTT (3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyl tetrazolium bromide) berwarna kuning dan larut menjadi produk akhir berupa formazan biru yang tidak larut dengan adanya enzim mitokondrial dehidrogenase. Reaksi warna biru digunakan sebagai ukuran dari sel hidup (*viable*). Jumlah sel hidup dapat diukur sebagai hasil produk MTT dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm (Kan dkk, 1997) atau 570 nm (Kasugai, 1991; Soeprapto, 1997; Telli dkk, 1999; Fazwishni dan Hadijono, 2000). Metode MTT ini yang diukur adalah nilai absorbansi sel. Nilai absorbansi sel makin tinggi diartikan bahwa bahan yang diuji mempunyai sitotoksitas yang makin rendah.

Sebaliknya, nilai absorbansi sel makin rendah diartikan bahwa bahan yang diuji mempunyai sitotoksitas yang makin tinggi.

Beberapa keuntungan dari metode MTT ini adalah sederhana, cepat, presisi dan tidak memerlukan radio isotop (Kasugai, 1991; Telli dkk, 1999; Fazwishni dan Hadijono, 2000).

BAB 3
KERANGKA KONSEPTUAL
DAN HEPOTESIS PENELITIAN

TESIS

BAB 3

KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS PENELITIAN

3.1 Kerangka Konseptual

Bahan restorasi generasi baru dari semen ionomer gelas yaitu semen ionomer gelas modifikasi resin yang diketahui mengalami proses pengerasan dapat melalui *dual cure* ataupun *tri cure* (Anusavice, 1996; Craig dan Ward, 1997; Mount dan Hume, 1998). Bahan ini merupakan bahan restorasi yang telah dimodifikasi dengan penambahan resin dan fotoinisiator dengan tujuan agar semen dapat mengeras dengan cepat melalui inisiasi sinar tampak, sehingga kontaminasi air dapat dieliminasi (Mount dan Hume, 1998). Semen yang mengeras dengan lebih cepat ini akan menjadi lebih tahan terhadap penyerapan air dan kelarutan pada air, mengingat sebelum 24 jam semen ionomer gelas sangat peka terhadap kelembaban dan kekeringan yang dapat menyebabkan presipitasi gelas dan hidrasi (Ribeiro dkk, 1999). Sehingga pengerasan awal yang cepat (*initial set*), secara klinis dapat dilihat dalam 4 – 10 menit, sangat diperlukan. Penambahan resin, HEMA antara 5% - 15% juga pemberian katalis yang beraktifasi dengan sinar dapat melindungi rantai kalsium poliakrilat terhadap kelarutan dalam air sementara diharapkan reaksi asam basa berjalan terus (Mount dan Hume, 1998).

Bahan ini selain mengalami proses pengerasan melalui reaksi asam basa, dengan penambahan resin maka bahan ini akan mengeras melalui proses polimerisasi setelah diinisiasi dengan sinar tampak. Proses polimerisasi dengan aktifasi sinar pada bahan yang mengandung resin ini antara lain dipengaruhi oleh intensitas sinar, lama penyinaran, jarak penyinaran, ketebalan bahan dan lain-lain. Besarnya intensitas sinar

yang dihasilkan oleh alat kuring sinar tampak dapat dipengaruhi oleh besarnya tegangan listrik yang menuju ke alat tersebut (Fan dkk, 1987). Adanya penurunan tegangan listrik dapat menyebabkan penurunan intensitas sinar, demikian juga sebaliknya, pada peningkatan tegangan listrik dapat menyebabkan peningkatan intensitas sinar. Keadaan ini sesuai dengan pengamatan pendahuluan yang menunjukkan bahwa listrik kota mengalami fluktuasi antara 200 - 235 volt. Pada pengukuran intensitas sinar dengan *Cure Rite Visible Curing Light Meter*, menunjukkan bahwa pada *input* 200 volt intensitas sinar yang dihasilkan 212,33 mW/cm² sedangkan pada *input* 235 volt intensitas sinar yang dihasilkan 388,60 mW/cm² (Lihat tabel 2.1.). Meskipun demikian pada penelitian yang dilakukan oleh Budi (1993) menunjukkan bahwa penyinaran resin komposit selama 30 detik maupun 60 detik dengan tegangan listrik 235 volt maupun 250 volt secara statistik tidak beda bermakna dengan penyinaran pada tegangan listrik 220 volt.

Intensitas yang menurun dapat menyebabkan proses polimerisasi bahan restorasi yang terdiri dari bahan resin tidak dapat berjalan dengan sempurna (Pearson dan Longman, 1989). Adanya polimerisasi yang tidak sempurna ini dapat menyebabkan beberapa masalah, salah satunya adalah menurunnya ketahanan bahan yang ditandai oleh kekerasan permukaan yang menurun. Hal ini dapat terjadi karena aktivasi yang tidak adekuat akan kurang mengaktifkan bahan fotoinisiator (kamforokuinon) untuk membentuk radikal bebas yang mengawali proses polimerisasi (Anusavice, 1996). Pada keadaan tersebut kemungkinan juga akan menurunkan jumlah radikal bebas yang menyebabkan pengulangan jumlah rantai unit polimer akan menurun sehingga menyebabkan sifat mekanis bahan (kekerasan permukaan) akan menurun.

Selain itu, pada proses polimerisasi yang tidak adekuat akan makin meningkatkan konsentrasi monomer sisa yang tidak ikut berpolimerisasi (Anusavice, 1996; Intan, 2001). Konsentrasi monomer sisa yang tinggi bersifat sitotoksitas terhadap sel kultur dari fibroblas/BHK-21 (Ruslan, 1993; IGA Wahyu, 1999). Disebutkan juga oleh Caughman dkk (1990) bahwa resin komposit yang proses polimerisasinya tidak cukup akan menghasilkan sitotoksitas yang parah. Dengan makin sitotoksik maka biokompatibilitas bahan restorasi resin komposit tersebut akan makin menurun.

Bahan restorasi semen ionomer gelas, respon terhadap jaringan pulpa dapat diklasifikasikan lemah sampai sedang serta kurang iritasi. Hal ini dianggap disebabkan karena bahan ini tidak mengandung asam kuat dan monomer yang bersifat toksik (Anusavice, 1996). Menurut Caughman dkk (1990) semen ionomer gelas menunjukkan kurang sitotoksik dibanding resin komposit (*luting*). Preparat semen ionomer gelas yang baru dimanipulasi mempunyai sitotoksik yang ringan bahkan dengan berjalannya waktu setelah *setting* sitotoksitasnya akan menurun (Craig dan Ward, 1997). Bahan restorasi ini mempunyai toleransi biologik dan biokompatibilitas yang baik (Beltes dkk, 1997).

Pada beberapa penelitian menunjukkan bahwa dengan penambahan resin pada semen ionomer gelas, yaitu semen ionomer gelas modifikasi resin, akan menghasilkan reaksi sitotoksik yang lebih tinggi dibandingkan semen ionomer gelas konvensional (Kan dkk, 1997; Geurtsen dkk, 1999). Meskipun demikian menurut Tarim dkk (1998) bahan restorasi tersebut menunjukkan sifat kompatibilitas biologis yang dapat diterima baik kavitas tertutup maupun yang terbuka.

Untuk mengatasi adanya penurunan intensitas sinar selama tahap penyinaran bahan semen ionomer gelas modifikasi resin maka dilakukan penambahan waktu penyinaran. Menurut Anusavice (1996) perpanjangan waktu penyinaran bahan resin komposit diperlukan untuk mengkompensasi adanya penurunan intensitas sinar, yang dapat dilakukan dua sampai tiga kalinya.

Dari penjabaran di atas akhirnya timbul pemikiran apakah sifat dari bahan restorasi resin komposit dan semen ionomer gelas konvensional juga berlaku untuk semen ionomer gelas modifikasi resin, mengingat komposisi bahan ini terdiri dari semen ionomer gelas konvensional yang dimodifikasi dengan penambahan resin. Dengan demikian timbul permasalahan apakah adanya penurunan tegangan listrik (220 volt, 210 volt, 200 volt) dan lama penyinaran (20 detik, 40 detik, 60 detik) pada semen ionomer gelas modifikasi resin akan berpengaruh terhadap kekerasan permukaan, sitotoksisitas bahan.

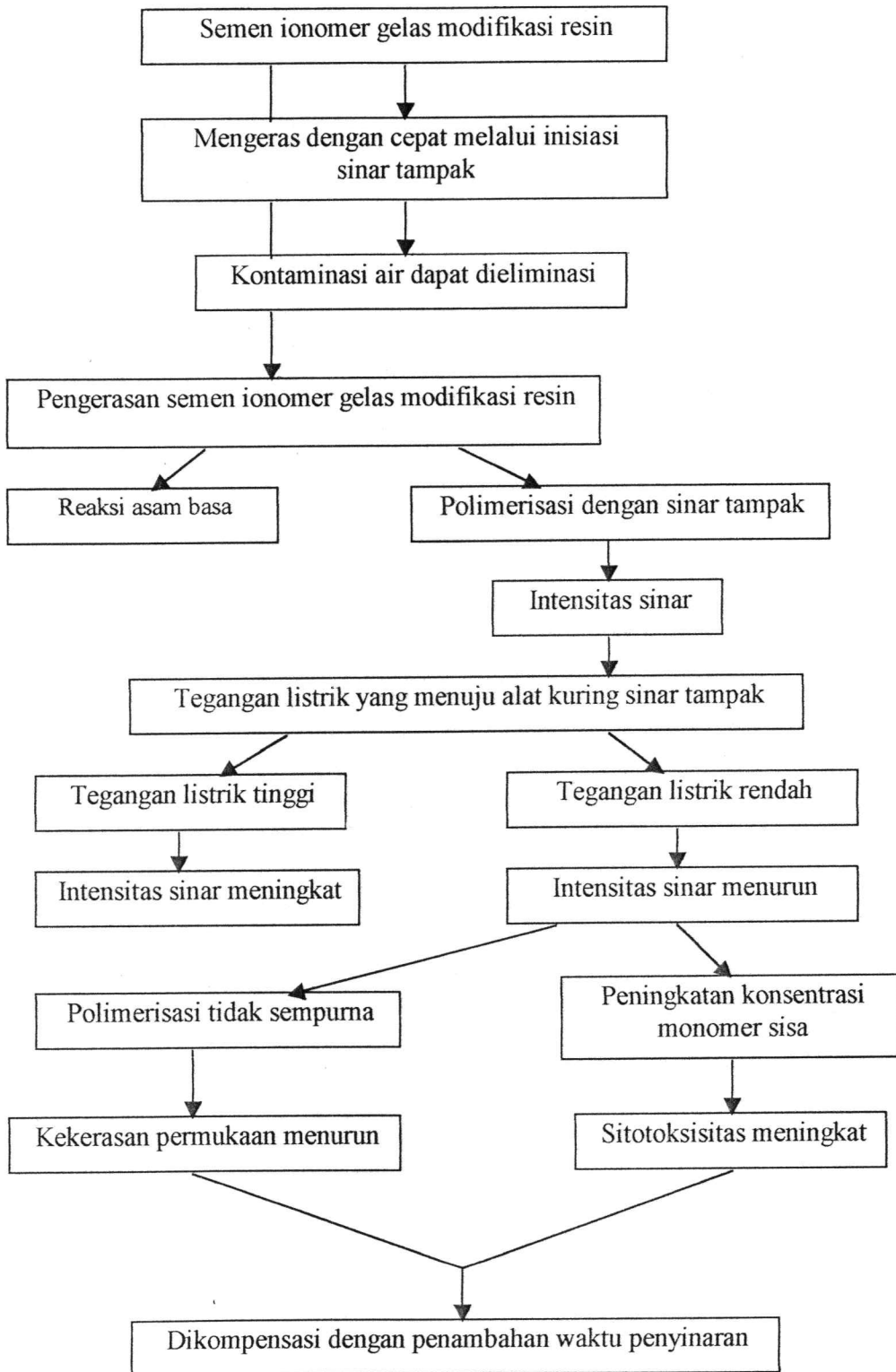
3.2 Hipotesis

Perubahan tegangan listrik dan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin akan mempengaruhi kekerasan permukaan dan sitotoksisitas.

Adapun hipotesis kerja dari penelitian ini adalah :

1. Penurunan tegangan listrik penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin dari 220 volt menjadi 210 volt dan 200 volt akan menurunkan kekerasan permukaan dan meningkatkan sitotoksisitas.
2. Penambahan waktu penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin dari 20 detik menjadi 40 detik dan 60 detik akan meningkatkan kekerasan permukaan dan menurunkan sitotoksisitas.

3.3 Bagan Kerangka Konseptual



BAB 4

METODE PENELITIAN

TESIS

BAB 4

METODE PENELITIAN

4.1 Penelitian I: Pengaruh tegangan listrik dan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin terhadap kekerasan permukaan

4.1.1 Jenis Penelitian

Eksperimental laboratoris.

4.1.2 Rancangan Penelitian

The post-test only control group design

4.1.3 Unit Eksperimental

Semen ionomer gelas modifikasi resin

4.1.4 Besar Sampel

Untuk mengetahui besar sampel yang dipergunakan dalam penelitian ini ditentukan melalui estimasi besar sampel menurut rumus Higgin dan Klimbaun (1985):

$$n = \frac{(Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2 Sc^2}{\delta^2}$$

Dalam penelitian ini nilai Sc^2 dan δ^2 sama, sedangkan $Z_{\alpha} = 1,65$ ($\alpha = 0,05$; satu arah) dan $Z_{\beta} = 0,84$ ($\beta = 0,20$). Dengan demikian besar sampel adalah $n = 6,2$. Maka pada penelitian ini besar sampel minimal tiap kelompok adalah 7.

4.1.5 Variabel Penelitian

1. Variabel bebas :
 - a. Tegangan listrik *input* alat kuring sinar tampak

- b. Lama penyinaran alat kuring sinar tampak
2. Variabel tergantung :
- Kekerasan permukaan
3. Variabel terkontrol :
- a. Cara pembuatan dan ukuran sampel bahan semen ionomer gelas modifikasi resin.
 - b. Jarak penyinaran
 - c. Suhu dan kelembaban ruang penelitian
 - d. Cara pengukuran kekerasan permukaan

4.1.6 Definisi Operasional Variabel

1. Semen ionomer gelas modifikasi resin adalah bahan restorasi yang mengandung komponen semen ionomer gelas yang dimodifikasi dengan sejumlah kecil resin tambahan, hidroksietil metakrilat (HEMA).
2. Penurunan tegangan listrik merupakan penurunan tegangan listrik *input* yang menuju alat kuring sinar tampak untuk menginisiasi bahan semen ionomer gelas modifikasi resin yang diperoleh dengan bantuan regulator sehingga didapatkan tegangan listrik mulai 220 volt diturunkan sampai 210 volt dan 200 volt.
3. Lama penyinaran merupakan waktu yang diperlukan alat kuring sinar tampak untuk menginisiasi bahan semen ionomer gelas modifikasi resin dengan cara mengatur *timer* sehingga didapatkan waktu kuring selama 20 detik, 40 detik dan 60 detik.
4. Kekerasan permukaan merupakan ketahanan bahan semen ionomer modifikasi resin terhadap daya penetrasi oleh suatu indenter dari alat uji kekerasan permukaan.

4.1.7 Bahan Penelitian

Semen ionomer gelas modifikasi resin, Fuji II LC (*GC, Japan*)

4.1.8 Alat Penelitian

1. Cetakan sampel berbentuk cincin dengan ukuran diameter dalam 5 mm dan tinggi 2 mm (Marais dkk, 1997).
2. Alat kuring sinar tampak Litex (Dentamerica).
3. *Micro Vickers Hardness Tester* (Model MXT 70, Matsuzawa seiki Co., LTD, *Japan*).
4. Regulator pengatur tegangan listrik (Kenika, Indonesia)
5. Voltmeter (Heles, Indonesia)
6. *Stop watch* (Casio, Japan)
7. Plat kaca
8. *Matrix Strip*
9. *Glass slab*
10. Anak timbangan
11. Spidol hitam

4.1.9 Lokasi Dan Waktu Penelitian

1. Lokasi penelitian

Laboratorium Teknik Mesin, Pusat Antar Universitas, Universitas Gajah Mada

2. Waktu penelitian

Juni 2002 – Juli 2002

4.1.10 Prosedur Pengambilan Sampel dan Pengumpulan Data

4.1.10.1 Persiapan Pembuatan Sampel

Sampel dibentuk dengan cetakan berbentuk cincin yang berukuran diameter dalam 5 mm dan tinggi 2 mm yang telah difiksir pada *glass slab*. Semen ionomer gelas modifikasi resin, Fuji II LC, yang terdiri dari sediaan berbentuk bubuk dan cairan diaduk dengan perbandingan sesuai aturan pabrik, di atas kertas khusus dengan spatula plastik. Pengadukan harus menghasilkan masa yang homogen dan diselesaikan selama 25 detik (aturan pabrik). Massa yang telah homogen dimasukkan ke dalam cetakan mulai dari bagian tepi cetakan dan diketuk-ketuk sebanyak 5 kali agar tidak ada udara yang terjebak (Nirawati, 2000).

Setelah cetakan terisi penuh dengan bahan tersebut, dilanjutkan dengan menutup permukaan atas dengan *matrix strip* dan plat kaca serta diberi beban anak timbangan seberat 500 gram selama 30 detik (Ribeiro, 1999). Kemudian anak timbangan dan plat kaca diangkat, dilanjutkan penyinaran dengan alat kuring sinar tampak, dengan ujung kuring (*curing tip*) menempel pada *matrix strip*. Alat kuring sinar tampak diletakkan pada suatu penyangga agar posisi ujung alat tersebut tidak berubah. Penyinaran dengan alat kuring sinar tampak untuk masing-masing kelompok menggunakan *input* 220 volt, 210 volt, 200 volt, dengan lama penyinaran masing-masing kelompok 20 detik, 40 detik dan 60 detik. Setelah sampel mengeras segera dilepas dari cetakan dan kekerasan permukaan diukur 10 menit kemudian setelah penyinaran. Dengan demikian akan dihasilkan sampel yang berbentuk silinder dan harus memenuhi kriteria : tidak terlihat adanya porus dan permukaan sampel rata. Selanjutnya sampel dikelompokkan sebagai berikut :

Sampel uji kekerasan permukaan :

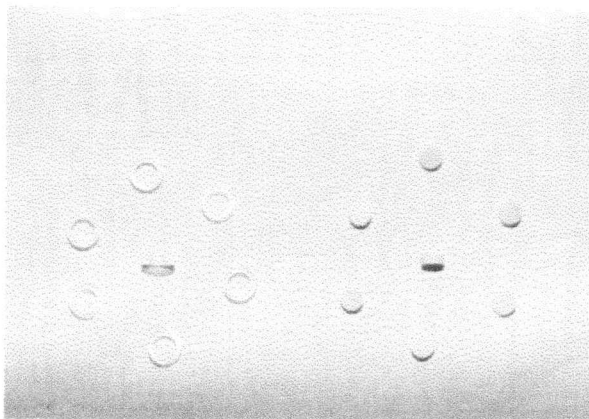
- Kelompok A1 : Sampel disinari dengan *input* 220 volt selama 20 detik
- Kelompok A2 : Sampel disinari dengan *input* 220 volt selama 40 detik
- Kelompok A3 : Sampel disinari dengan *input* 220 volt selama 60 detik
- Kelompok A4 : Sampel disinari dengan *input* 210 volt selama 20 detik
- Kelompok A5 : Sampel disinari dengan *input* 210 volt selama 40 detik
- Kelompok A6 : Sampel disinari dengan *input* 210 volt selama 60 detik
- Kelompok A7 : Sampel disinari dengan *input* 200 volt selama 20 detik
- Kelompok A8 : Sampel disinari dengan *input* 200 volt selama 40 detik
- Kelompok A9 : Sampel disinari dengan *input* 200 volt selama 60 detik

4.1.10.2 Pengukuran Kekerasan Permukaan

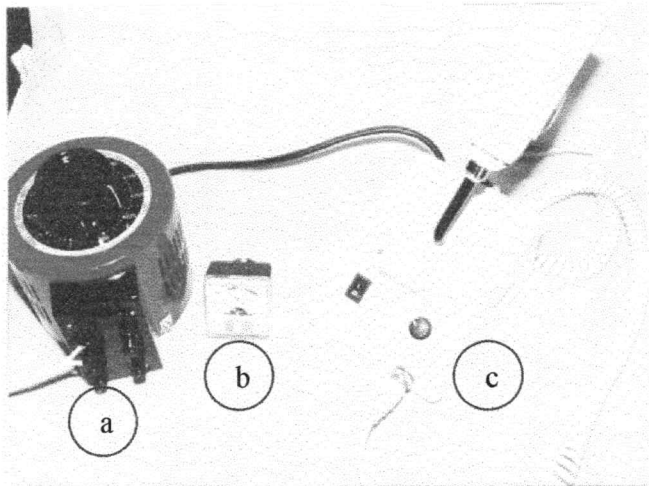
Masing-masing kelompok sampel untuk uji kekerasan permukaan yang telah mengeras dilakukan pengukuran kekerasan permukaan bagian atas dengan alat *Micro Vickers Hardness Tester* dengan beban 50 gram (Anita, 1995). Permukaan sampel diukur kekerasannya di 3 tempat. Sampel diletakkan di bagian tengah *table* dari *Micro Vickers Hardness Tester* dan alat dihidupkan sehingga ujung *diamond penetrator* meninggalkan tapak/indentasi pada permukaan sampel. Bentuk tapak yang dihasilkan diamati melalui lensa dengan pembesaran 400x sehingga akan tampak bentuk belah ketupat. Panjang diagonal diukur dengan menempatkan 2 tanda garis di ujung bentuk diagonal. Selanjutnya dengan menekan tombol baca (*read switch*) akan keluar nilai kekerasan permukaan. Pengukuran dilakukan di tiga tempat, dan hasilnya dirata-rata.



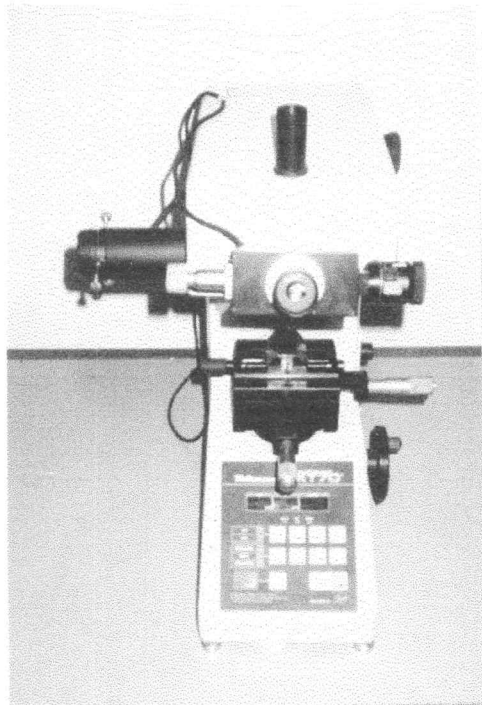
Gambar 4.1. Unit eksperimental semen ionomer gelas modifikasi resin Fuji II LC



Gambar 4.2. Bentuk dan ukuran cetakan sampel

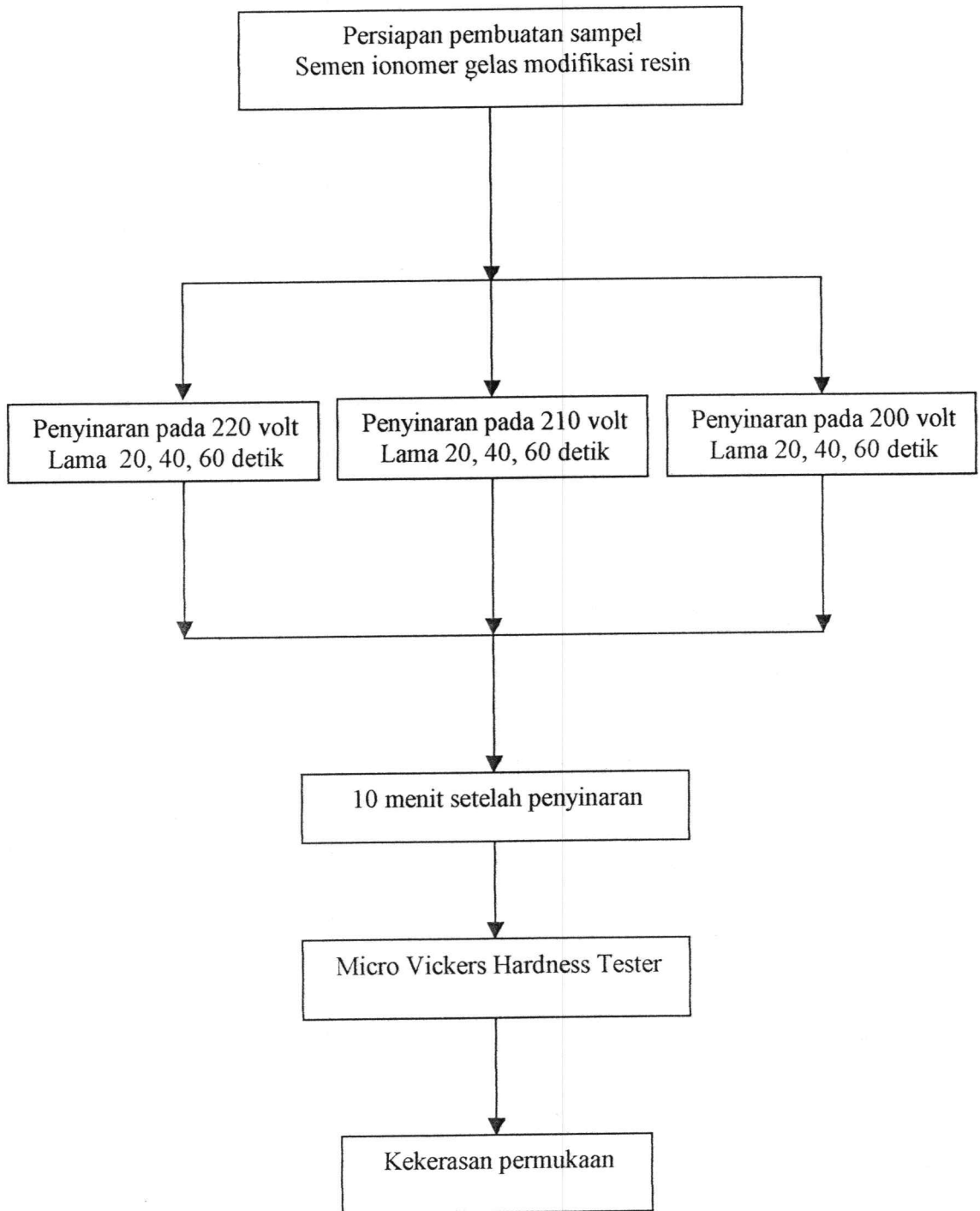


Gambar 4.3. Alat yang digunakan untuk penelitian :
a. Regulator: pengatur tegangan listrik, b. Voltmeter: pengontrol tegangan listrik, c. Alat kuring sinar tampak



Gambar 4.4. Alat uji kekerasan permukaan/*Micro vickers hardness tester*
(Matsuzawa MXT 70)

4.1.10.3 Alur Pengukuran Kekerasan Permukaan Semen Ionomer Gelas Modifikasi Resin



4.2 Penelitian II : Pengaruh tegangan listrik dan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin terhadap sitotoksitas

4.2.1 Jenis Penelitian

Eksperimental laboratoris

4.2.2 Rancangan Penelitian

The post-test only control group design

4.2.3 Unit Eksperimental

Semen ionomer gelas modifikasi resin

4.2.4 Besar Sampel

Untuk mengetahui besar sampel yang dipergunakan dalam penelitian ini ditentukan melalui estimasi besar sampel menurut rumus Higgin dan Klimbaun (1985):

$$n = \frac{(Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2 Sc^2}{\delta^2}$$

Dalam penelitian ini nilai Sc^2 dan δ^2 sama, sedangkan $Z_{\alpha} = 1,65$ ($\alpha = 0,05$; satu arah) dan $Z_{\beta} = 0,84$ ($\beta = 0,20$). Dengan demikian besar sampel adalah $n = 6,2$. Maka pada penelitian ini besar sampel minimal tiap kelompok adalah 7.

4.2.5 Variabel Penelitian

1. Variabel bebas :

- a. Tegangan listrik *input* alat kuring sinar tampak
- b. Lama penyinaran alat kuring sinar tampak

2. Variabel tergantung :

Sitotoksitas

3. Variabel terkontrol :
 - a. Cara pembuatan dan ukuran sampel bahan semen ionomer gelas modifikasi resin.
 - b. Jarak penyinaran
 - c. Suhu dan kelembaban ruang penelitian
 - d. Sterilisasi alat dan bahan uji
 - e. Suhu dan lama waktu inkubasi
 - f. Cara pengujian dan perhitungan sitotoksitas

4.2.6 Definisi Operasional Variabel

1. Semen ionomer gelas modifikasi resin adalah bahan restorasi yang mengandung komponen semen ionomer gelas yang dimodifikasi dengan sejumlah kecil resin tambahan, hidroksietil metakrilat (HEMA).
2. Penurunan tegangan listrik merupakan penurunan tegangan listrik *input* yang menuju alat kuring sinar tampak untuk menginisiasi bahan semen ionomer gelas modifikasi resin yang diperoleh dengan bantuan regulator sehingga didapatkan tegangan listrik mulai 220 volt diturunkan sampai 210 volt dan 200 volt.
3. Lama penyinaran merupakan waktu yang diperlukan alat kuring sinar tampak untuk menginisiasi semen ionomer gelas modifikasi resin dengan cara mengatur timer sehingga didapatkan waktu kuring selama 20 detik, 40 detik dan 60 detik.
4. Sitotoksitas adalah toksisitas sel kultur yang telah terpapar oleh semen ionomer gelas modifikasi resin yang ditentukan dengan mengukur absorbansi sel hidup dengan bantuan alat spektrofotometer.

4.2.7 Bahan Penelitian

1. Semen ionomer gelas modifikasi resin, Fuji II LC (*GC, Japan*)
2. Kultur sel : *Cell line* BHK-21
3. Antibiotika : *Penstrep*
4. Antifungi : *Fungizone*
5. Media RPMI-1640
6. Pencuci serum : *Phosphate Buffer Saline* (PBS)
7. Serum *Bovine* (FBS)
8. MTT (*3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyl tetrazolium bromide*) (Sigma, M2128)
9. SDS (*sodium dodecyl sulfate*)

4.2.8 Alat Penelitian

1. *Microplate 96 well* (Costar, USA)
2. Pipet mikro (Pipetman, Gilson, France)
3. Pipet *acu* (Pipetboy, Integra BioSciences, France)
4. Pipet *pasteur* (Brand, Germany)
5. *Filter 0,2 µm* (Minisart, USA)
6. *Eppendorf* (Brand, Germany)
7. *Flask* (Nunclon, Denmark)
8. *Conical* (Falcon, USA)
9. *Laminar flow* (BioHaZard, Protection Gelman Sciences, Germany)
10. Inkubator (Jouan, IG 150, England)
11. *Syringe 10 ml dan 1 ml*
12. Spektrofotometer (Titertek[®], Multiskan[®] MCC/340, Germany)

4.2.9 Lokasi dan Waktu Penelitian

1. Lokasi Penelitian

Laboratorium Rekayasa Genetika, Pusat Antar Universitas, Universitas Gajah Mada

2. Waktu Penelitian

Juni 2002

4.2.10 Prosedur Pengambilan Sampel dan Pengumpulan Data

4.2.10.1 Persiapan Pembuatan Sampel

Sampel dipersiapkan seperti pada cara pembuatan sampel pada penelitian I.

Selanjutnya sampel dikelompokkan sebagai berikut :

Sampel uji sitotoksisitas :

- Kelompok B1 : Sampel disinari dengan *input* 220 volt selama 20 detik
- Kelompok B2 : Sampel disinari dengan *input* 220 volt selama 40 detik
- Kelompok B3 : Sampel disinari dengan *input* 220 volt selama 60 detik
- Kelompok B4 : Sampel disinari dengan *input* 210 volt selama 20 detik
- Kelompok B5 : Sampel disinari dengan *input* 210 volt selama 40 detik
- Kelompok B6 : Sampel disinari dengan *input* 210 volt selama 60 detik
- Kelompok B7 : Sampel disinari dengan *input* 200 volt selama 20 detik
- Kelompok B8 : Sampel disinari dengan *input* 200 volt selama 40 detik
- Kelompok B9 : Sampel disinari dengan *input* 200 volt selama 60 detik

4.2.10.2 Cara Kerja Uji Sitotoksitas Semen Ionomer Gelas Modifikasi Resin

1. Persiapan sampel

Sampel untuk uji sitotoksitas dipersiapkan seperti cara pembuatan sampel pada uji kekerasan permukaan. Sampel disterilkan memakai penyeterilan cara dingin yaitu dengan penyaring bakteri berukuran 0,2 μm (Soeprapto, 2001). Adapun cara penyaringan adalah dengan cara merendam sampel dalam media RPMI-1640 sebanyak 200 μl dalam *ependorf*, didiamkan selama 24 jam pada suhu ruang. Setelah 24 jam rendaman sampel difilter dengan Minisart 0,2 μm . Hasil filter ditampung dalam *ependorf*. Sebanyak 50 μl hasil filter tersebut (ekstraksi) nantinya ditambahkan dalam *well*/sumuran untuk uji sitotoksitas (Telli dkk, 1999).

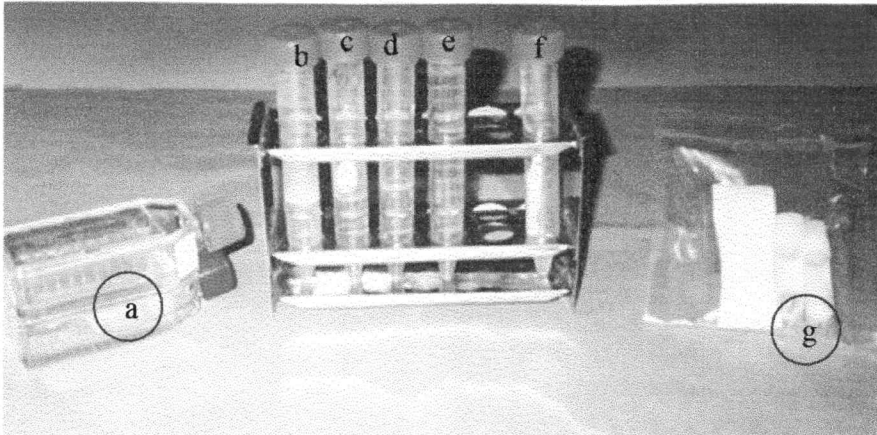
2. Persiapan kultur sel

1. Sel (dalam *vial*) dari N_2 cair dicairkan dalam air mengalir (kran). Jika sudah cair segera dimasukkan dalam falkon 15 ml yang telah diisi media pencuci (RPMI -1640 99 % dan penstrep 1 %).
2. Selanjutnya disentrifugasi 1200 rpm selama 2 menit, kemudian supernatan dibuang. Pelet (sel) ditambah media pencuci dan disentrifugasi lagi 1200 rpm selama 2 menit.
3. Supernatan dibuang, pelet ditambah media penumbuh I (FBS 20 %, penstrep 1% dan RPMI-1640 79%), resuspensi, dimasukkan ke dalam *flask* dan diinkubasi dalam inkubator CO_2 selama 24 jam.
4. Bila sel sudah tumbuh banyak maka sel dapat dibiakkan ke *flask* baru untuk diperbanyak. Ambil media kultur (RPMI-1640 89%, penstrep 1% dan FBS 10%) dengan pipet pastur ke dalam *flask*. Kemudian disemprot-semprotkan ke

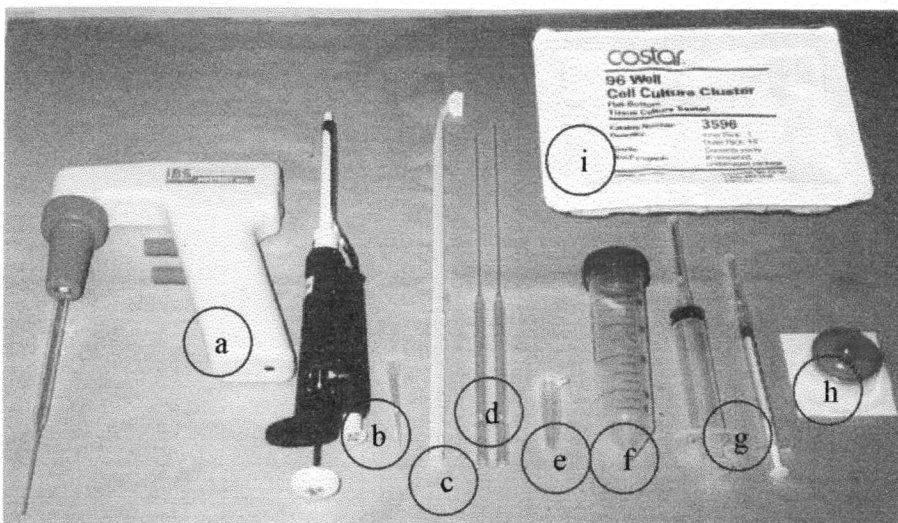
dinding *flask* sehingga sel bisa lepas. Bila ada sebagian sel yang belum terlepas dapat dibantu dengan alat *scraper*.

5. Jika sel sudah lepas dari dinding *flash* (lihat di bawah mikroskop) selanjutnya ambil semua suspensi tersebut dengan pipet pastur dan masukkan ke *tube conical tube* 15 ml. Kemudian disentrifugasi 1200 rpm 5 menit.
 6. Buang supernatan, pelet ditambah media pencuci, resuspensi dengan sentrifugasi 1200 rpm 3 menit (ulang 2 kali)
 7. Pelet ditambah media penumbuh II (FBS 10 %, penstrep 1 % dan RPMI-1640 89 %), resuspensi.
 8. Masukkan ke *flask* baru atau bisa digunakan untuk keperluan uji sitotoksisitas (misal), inkubasi dalam inkubator CO₂.
3. Persiapan uji sitotoksisitas
1. Dipersiapkan *microplate* (96-well/sumuran). Sel dengan kepadatan 2×10^5 sel dalam 50 μ l media kultur (RPMI-1640 89%, penstrep 1%, fungizon 100 unit/ml dan FBS 10%) dituang dalam dasar *microplate* dan ditambah ekstrak media sebanyak 50 μ l ke dalam tiap sumuran. Juga dipersiapkan *microplate* tanpa ditambahkan ekstrak media sebagai kontrol.
 2. Selanjutnya diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C.
 3. Empat jam sebelum inkubasi selesai ditambahkan ke dalamnya 25 μ l pereaksi MTT 5 mg/ml dalam PBS untuk setiap sumuran dan diinkubasi lagi sampai periode inkubasi berakhir (Telli dkk, 1999).
 4. Ke dalam suspensi sel ditambahkan larutan SDS (*sodium dodecyl sulfate*) sebanyak 80 μ l di tiap sumuran. Suspensi sel disentrifugasi selama 5 menit pada putaran 30 rpm/menit. Selanjutnya suspensi sel dalam *microplate*

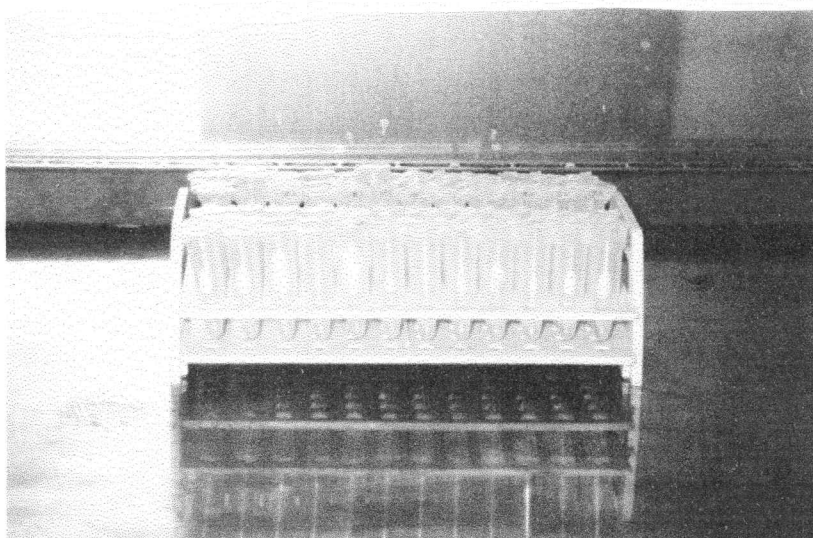
dimasukkan pada spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm, sehingga dapat diketahui nilai absorbansi tiap suspensi dalam *microplate*/sumuran.



Gambar 4.5. Bahan yang digunakan pada uji sitotoksitas (dari kiri ke kanan):
 a. Sel Kultur BHK-21 dalam flask, b. larutan SDS, c. RPMI 1640, d. media pencuci, e. media kultur, f. larutan MTT, g. MTT



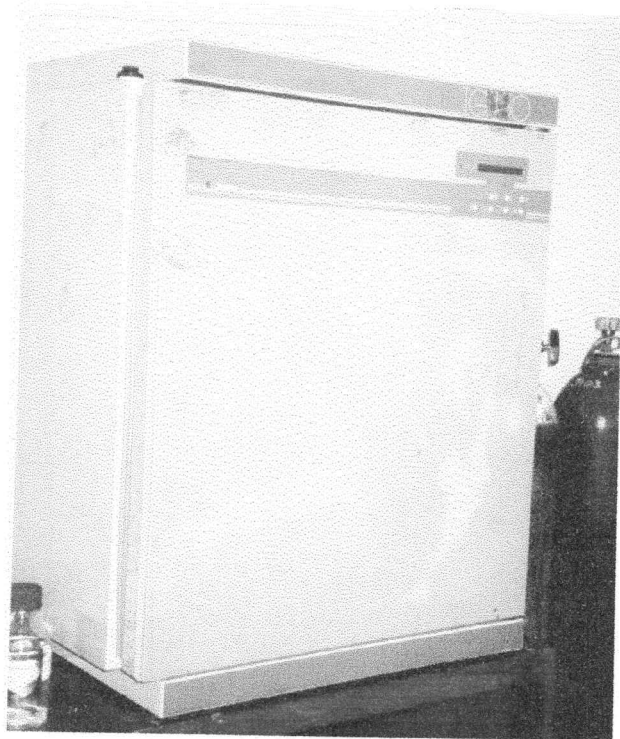
Gambar 4.6. Alat yang digunakan pada uji sitotoksitas (dari kiri ke kanan):
 a. Pipet accu, b. Micropipet dan tip, c. Scrapper, d. Pipet pasteur
 e. Eppendorf, f. Conical tube, g. Syringe 10 ml dan 1 ml,
 h. Filter 0,2 μm , i. Microplate 96 well.



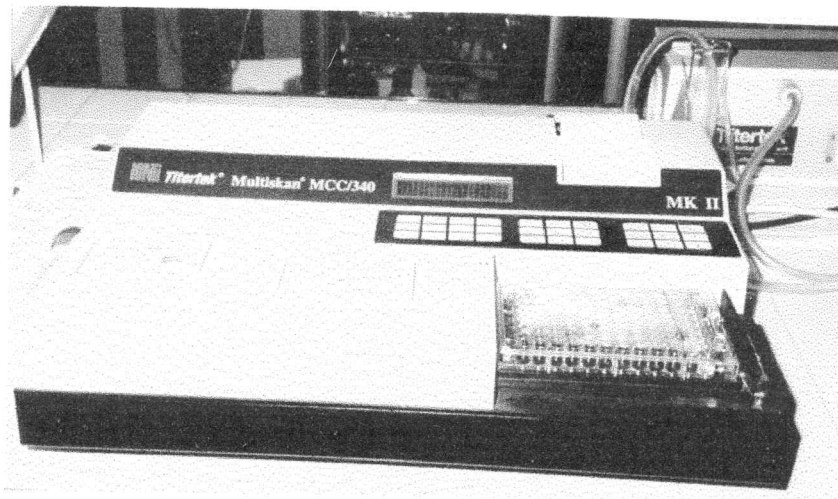
Gambar 4.7. Sampel direndam media kultur RPMI-1640 200 μ l dalam *eppendorf*



Gambar 4.8. *Laminar flow* : ruangan steril untuk tempat mengerjakan uji sitotoksisitas

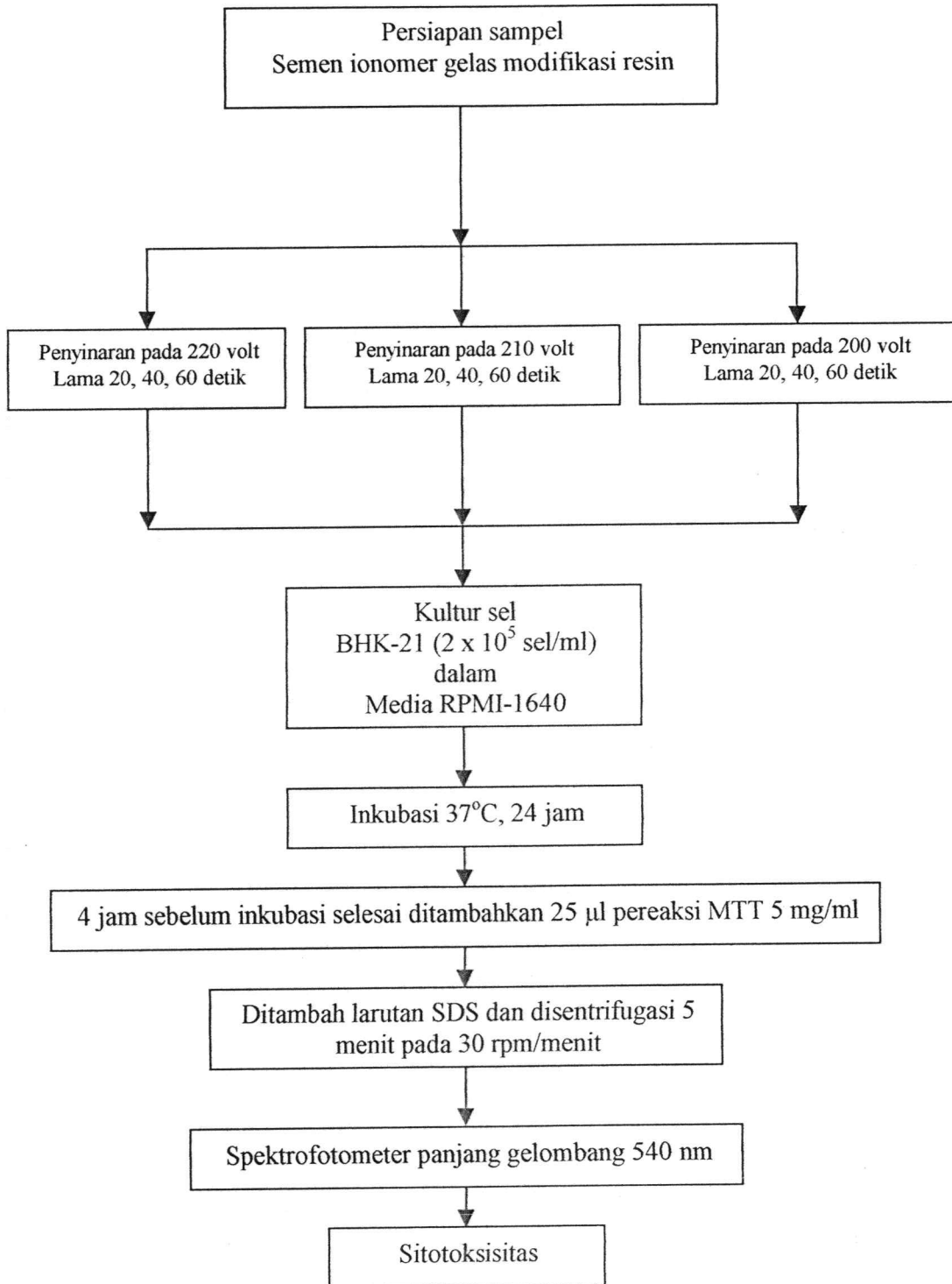


Gambar 4.9. Inkubator : alat yang digunakan untuk pembiakan sel



Gambar 4.10. Spektrofotometer : alat yang digunakan untuk mengukur absorbansi sel

4.2.10.3 Alur Pengukuran Sitotoksitas Semen Ionomer Gelas Modifikasi Resin



4.3 Analisis Data

Untuk menguji pengaruh perubahan tegangan listrik dan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin terhadap kekerasan permukaan maupun sitotoksisitas dilakukan analisis Anava dua arah, Anava satu arah, LSD dan Regresi linier ganda.

BAB 5

ANALISIS HASIL PENELITIAN

TESIS

BAB 5

ANALISIS HASIL PENELITIAN

5.1 Data Penelitian

5.1.1 Data Hasil Uji Kekerasan Permukaan Semen Ionomer Gelas Modifikasi Resin

Hasil uji kekerasan permukaan semen ionomer gelas modifikasi resin dengan berbagai variasi tegangan listrik dan lama penyinaran telah tersaji dalam lampiran 1. Rerata dan simpang baku kekerasan permukaan semen ionomer gelas modifikasi resin yang telah terpapar sinar tampak dengan berbagai variasi tegangan listrik dan lama penyinaran dapat dilihat pada tabel 5.1 di bawah ini.

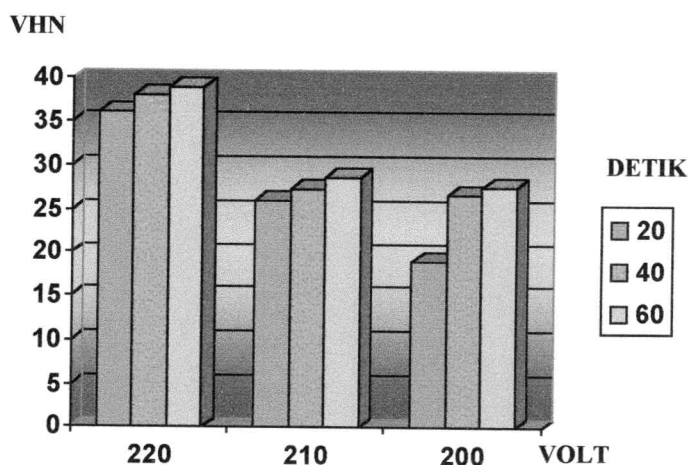
Tabel 5.1 Rerata dan simpang baku kekerasan permukaan (VHN) semen ionomer gelas modifikasi resin menurut tegangan listrik (volt) dan lama penyinaran (detik)

Tegangan listrik	Lama penyinaran					
	20		40		60	
	R	SB	R	SB	R	SB
220	36,11	0,90	38,07	0,97	38,91	1,93
210	25,99	2,27	27,35	2,29	28,74	1,83
200	18,96	2,61	26,62	1,17	27,55	1,14

Keterangan : R = rerata
SB = simpang baku

Pada tabel 5.1 dapat dilihat bahwa nilai kekerasan permukaan tertinggi adalah kelompok penyinaran pada tegangan listrik 220 volt dengan lama penyinaran 60 detik. Sedang nilai terendah adalah kelompok penyinaran pada tegangan listrik 200 volt dengan lama penyinaran 20 detik.

Untuk memperjelas posisi nilai kekerasan permukaan masing-masing kelompok yang dipengaruhi oleh tegangan listrik dan lama penyinaran dapat dilihat pada diagram batang. Diagram batang disajikan pada gambar 5.1 yang memperlihatkan nilai rerata kekerasan permukaan menurut tegangan listrik dan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin.



Gambar 5.1 Rerata kekerasan permukaan (VHN) menurut tegangan listrik (volt) dan lama penyinaran (detik) semen ionomer gelas modifikasi resin

5.1.2 Data Hasil Uji Sitotoksitas Semen Ionomer Gelas Modifikasi Resin

Pada penelitian ini, sitotoksitas semen ionomer gelas modifikasi resin ditentukan dengan menggunakan esei MTT yang mengukur nilai absorbansi sel. Nilai absorbansi sel makin tinggi berarti sitotoksitas bahan tersebut makin rendah, sedangkan nilai absorbansi sel makin menurun berarti sitotoksitas bahan tersebut makin tinggi. Hasil penelitian tersebut telah tersaji pada lampiran 1. Rerata dan simpang baku absorbansi sel setelah terpapar oleh semen ionomer gelas modifikasi resin yang telah terkuring dengan berbagai tegangan listrik dan lama penyinaran dapat dilihat pada tabel 5.2.

Tabel 5.2 Rerata dan simpang baku absorbansi sel setelah terpapar semen ionomer gelas modifikasi resin menurut tegangan listrik (volt) dan lama penyinaran (detik)

Tegangan listrik	Lama penyinaran					
	20		40		60	
	R	SB	R	SB	R	SB
220	0,134	0,047	0,111	0,016	0,146	0,083
210	0,103	0,019	0,108	0,021	0,116	0,033
200	0,099	0,015	0,107	0,020	0,108	0,020

Keterangan : R = rerata
SB = simpang baku

Dari tabel 5.2 dapat dilihat bahwa nilai absorbansi tertinggi adalah kelompok penyinaran pada tegangan listrik 220 volt dan lama penyinaran 60 detik. Sedang nilai absorbansi terendah adalah kelompok penyinaran pada tegangan listrik 200 volt dan lama penyinaran 20 detik.

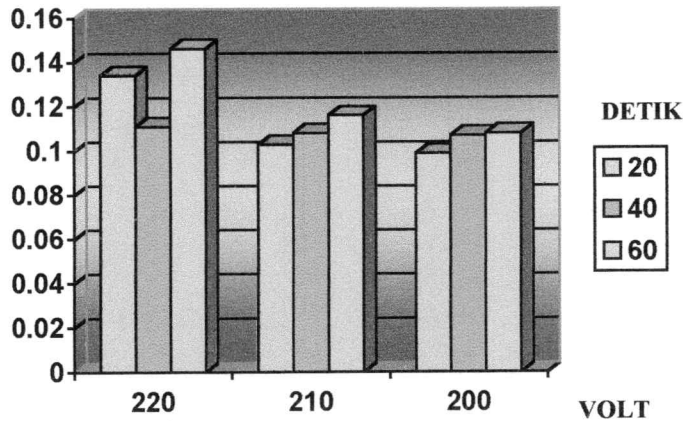
Pada penelitian ini juga diukur absorbansi dari sel kultur yang tanpa diberi sampel yaitu sebagai kelompok kontrol sel, serta diukur absorbansi media kultur saja yaitu sebagai kelompok kontrol media. Rerata kelompok kontrol sel mempunyai absorbansi 0,149 sedangkan rerata kelompok kontrol media mempunyai absorbansi 0,090. Perhitungan sitotoksitas diekspresikan dengan memberi nilai absorbansi kelompok kontrol sel sebagai 100% (dianggap mempunyai sitotoksitas nol). Setiap kelompok perlakuan dapat disajikan dalam bentuk prosentase untuk dibandingkan terhadap kontrol sel seperti dapat dilihat pada tabel 5.3.

Tabel 5.3 Prosentase rerata nilai absorbansi sel (dalam %) menurut tegangan listrik (volt) dan lama penyinaran (detik) terhadap kelompok kontrol sel

Tegangan listrik Penyinaran	Lama Penyinaran		
	20	40	60
220	93,61	83,99	98,62
210	80,65	82,74	86,08
200	78,98	82,32	82,74

Pada tabel 5.3 dapat dilihat bahwa kelompok kontrol perlakuan mempunyai nilai prosentase absorbansi sebesar 93,61%, artinya sitotoksitasnya hanya berbeda sebesar 6,39% dibanding kontrol sel. Bahkan pada penambahan lama penyinaran hingga 60 detik hanya berbeda 1,38% dibanding kontrol sel. Sedangkan pada penurunan tegangan listrik hingga 200 volt dengan lama penyinaran 20 detik mempunyai nilai prosentase absorbansi sebesar 78,98%, yang menunjukkan perbedaan sitotoksitas sebesar 21,02% dibanding kontrol sel. Jadi pada kelompok perlakuan dengan tegangan listrik penyinaran 200 volt dan lama penyinaran 20 detik menunjukkan sitotoksitas bahan yang paling tinggi.

Untuk memperjelas posisi nilai absorbansi sel masing-masing kelompok yang dipengaruhi oleh tegangan listrik dan lama penyinaran dapat dilihat pada diagram batang. Diagram batang disajikan pada gambar 5.2 yang memperlihatkan nilai rerata absorbansi sel menurut tegangan listrik dan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin.

ABSORBANSI

Gambar 5.2 Rerata absorbansi sel menurut tegangan listrik (volt) dan lama penyinaran (detik) semen ionomer gelas modifikasi resin

5.2 Analisis Dan Hasil Penelitian

5.2.1 Analisis Hasil Uji Kekerasan Permukaan Semen Ionomer Gelas Modifikasi Resin

Resin

Sebelum dilakukan uji parametrik untuk mengetahui kemaknaan dari perbedaan yang ada antara variabel tegangan listrik penyinaran dan lama penyinaran maka perlu dilakukan uji normalitas data dengan uji Kolmogorov-Smirnov. Hasil uji tersebut telah tersaji lengkap pada lampiran 2 dan dapat dilihat pada tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil uji normalitas data dengan uji Kolmogorov-Smirnov untuk kekerasan permukaan semen ionomer gelas modifikasi resin

Tegangan listrik (volt)	Lama penyinaran (detik)		
	20	40	60
220	0,442	0,761	0,896
210	0,999	0,970	0,899
200	0,791	0,972	0,525

Keterangan : Data berdistribusi normal bila $> 0,05$

Pada tabel 5.4 menunjukkan bahwa semua harga $p > 0,05$. Hal ini dapat diartikan bahwa semua data mempunyai distribusi normal sehingga memenuhi syarat untuk dilakukan uji parametrik. Uji parametrik dua variabel yaitu tegangan listrik dan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin terhadap kekerasan permukaan menggunakan analisis varians/Anava faktorial yaitu Anava dua arah (*two way Anava*). Hasil dari uji tersebut terdapat pada lampiran 3 dan dapat dilihat pada tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hasil uji Anava dua arah antara tegangan listrik dan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin terhadap kekerasan permukaan

Sumber variasi	Jumlah kuadrat	db	Rerata kuadrat	F	S
Efek utama					
1. TL	2344,654	2	1172,327	367,576	0,001
2. LP	293,772	2	146,886	46,095	0,001
Interaksi					
TL * LP	125,040	4	31,260	9,801	0,001

Keterangan : db = derajat bebas, F = Fhitung, S = p = probabilitas, LP = lama penyinaran, TL = tegangan listrik. Uji Anava dikatakan bermakna bila $p < 0,05$

Tabel 5.5 menunjukkan bahwa antar tegangan listrik saja maupun antar lama penyinaran saja terdapat perbedaan bermakna terhadap nilai kekerasan permukaan. Demikian juga interaksi antara tegangan listrik dan lama penyinaran menunjukkan adanya perbedaan bermakna terhadap kekerasan permukaan. Hal ini dapat diartikan bahwa makin rendah tegangan listrik penyinaran terhadap semen ionomer gelas modifikasi resin makin rendah nilai kekerasan permukaan yang dihasilkan. Demikian juga makin lama waktu penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin makin tinggi nilai kekerasan permukaan yang dihasilkan. Dari hasil uji statistik tersebut juga dapat dibuktikan bahwa ada interaksi yang bermakna antara tegangan listrik dan lama penyinaran. Hal ini dapat diartikan bahwa makin rendah tegangan listrik

penyinaran dan makin pendek waktu penyinaran terhadap semen ionomer gelas modifikasi resin makin rendah nilai kekerasan permukaan yang dihasilkan. Sebaliknya makin tinggi tegangan listrik penyinaran dan makin lama waktu penyinaran terhadap semen ionomer gelas modifikasi resin makin tinggi nilai kekerasan permukaan yang dihasilkan.

Untuk mengetahui ada atau tidak adanya beda antar kelompok perlakuan maka dilakukan uji analisis varians yaitu Anava satu arah (*one way anava*) seperti yang terlihat pada tabel 5.6 dan secara lengkap terdapat pada lampiran 4.

Tabel 5.6 Hasil uji Anava satu arah antar kelompok perlakuan terhadap kekerasan permukaan semen ionomer gelas modifikasi resin

Sumber variasi	Jumlah kuadrat	db	Rerata kuadrat	F	S
Grup/kelompok	2763,466	8	345,433	108,308	0,001

Hasil uji Anava satu arah menunjukkan bahwa ada perbedaan bermakna di antara kelompok perlakuan terhadap kekerasan permukaan ($p < 0,05$). Artinya bahwa secara keseluruhan nilai kekerasan permukaan semen ionomer gelas modifikasi resin antara kelompok perlakuan yang satu dengan kelompok perlakuan yang lain terdapat perbedaan bermakna.

Untuk mengetahui kemaknaan antar masing-masing kelompok perlakuan maka dilanjutkan dengan uji *Least Significant Difference* (LSD) yang terdapat pada lampiran 5 dan dapat dilihat pada tabel 5.7.

Tabel 5.7 Hasil uji LSD antar kelompok tegangan listrik dan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin terhadap kekerasan permukaan

Kelompok TL-LP	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
A1	-	S (0,032)	S (0,001)	S (0,001)	S (0,001)	S (0,001)	S (0,001)	S (0,001)	S (0,001)
A2		-	NS (0,352)	S (0,001)	S (0,001)	S (0,001)	S (0,001)	S (0,001)	S (0,001)
A3			-	S (0,001)	S (0,001)	S (0,001)	S (0,001)	S (0,001)	S (0,001)
A4				-	NS (0,135)	S (0,003)	S (0,001)	NS (0,484)	NS (0,085)
A5					-	NS (0,123)	S (0,001)	NS (0,420)	NS (0,817)
A6						-	S (0,001)	S (0,021)	NS (0,187)
A7							-	S (0,001)	S (0,001)
A8								-	NS (0,300)
A9									-

Keterangan : S = ada beda bermakna

NS = tidak ada beda bermakna

TL : tegangan listrik

LP : lama penyinaran

Tabel 5.7 menunjukkan bahwa antar kelompok perlakuan sebagian besar menunjukkan adanya perbedaan bermakna. Kelompok yang tidak menunjukkan adanya perbedaan bermakna yaitu antara kelompok A2 dan A3, A4 dan A5, A4 dan A8, A4 dan A9, A5 dan A6, A5 dan A8, A5 dan A9, A6 dan A9, A8 dan A9. Pada tabel tersebut juga dapat dilihat bahwa semua kelompok perlakuan mempunyai perbedaan bermakna terhadap kelompok A1 (sebagai kelompok kontrol perlakuan dengan tegangan listrik penyinaran 220 volt dan lama penyinaran 20 detik). Hal ini dapat diartikan bahwa dengan adanya perubahan perlakuan, baik tegangan listrik maupun lama penyinaran, akan mempengaruhi nilai kekerasan permukaan.

Pada hasil uji Anava dua arah sebelumnya dapat diketahui adanya keterkaitan atau interaksi antara tegangan listrik dan lama penyinaran terhadap kekerasan permukaan semen ionomer gelas modifikasi resin. Tetapi belum dapat diketahui

bagaimana bentuk interaksi antara kedua variabel tegangan listrik dan lama penyinaran dapat mempengaruhi kekerasan permukaan. Untuk mengetahui interaksinya maka dilakukan uji Regresi linier ganda sehingga akan diketahui apakah kedua variabel tersebut mempunyai korelasi positif atau negatif. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada tabel 5.8 (lampiran 6).

Tabel 5.8 Hasil uji Regresi linier ganda antara dua variabel tegangan listrik dan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin terhadap kekerasan permukaan

Model	Jumlah kuadrat	db	Rerata kuadrat	F	S
Regresi	2394,950	2	1197,475	145,099	0,001
Sisa	569,445	69	8,253		
Total	2964,395	71			

Tabel 5.8 menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang bermakna antara dua variabel tegangan listrik dan lama penyinaran terhadap kekerasan permukaan semen ionomer gelas modifikasi resin. Untuk melihat lebih jelas masing-masing variabel, tegangan listrik dan lama penyinaran, berkorelasi terhadap kekerasan permukaan dapat dilihat pada tabel 5.9.

Tabel 5.9 Hasil uji Regresi linier ganda masing-masing variabel

Model	B	SE	Beta	T	ST
(Konstanta)	-114,735	8,754		-13,107	0,001
Tegangan listrik	0,666	0,041	0,847	16,059	0,001
Lama penyinaran	0,118	0,021	0,300	5,685	0,001

Keterangan : B = harga *slope*/kemiringan garis regresi, SE = standart eror, T = Thitung, ST = p = probabilitas, uji regresi bermakna bila nilai $p < 0,05$

Hasil uji Regresi di tabel 5.9 menunjukkan adanya korelasi positif (ditandai nilai B yang positif). Hal ini dapat diartikan bahwa dengan bertambah besarnya tegangan listrik secara bermakna akan makin memperbesar nilai kekerasan

permukaan. Demikian juga dengan bertambah lamanya waktu penyinaran secara bermakna akan makin memperbesar nilai kekerasan permukaan.

5.2.2 Analisis Hasil Uji Sitotoksisitas Semen Ionomer Gelas Modifikasi Resin

Sebelum dilakukan uji parametrik untuk mengetahui kemaknaan perbedaan yang ada perlu dilakukan uji normalitas data dengan uji Kolmogorov-Smirnov. Hasil uji tersebut dapat dilihat pada tabel 5.10 atau dapat dilihat pada lampiran 2.

Tabel 5.10 Hasil uji normalitas data dengan Kolmogorov-Smirnov untuk absorbansi sel

Tegangan listrik (volt)	Lama penyinaran (detik)		
	20	40	60
220	0,336	0,999	0,393
210	0,915	0,634	0,912
200	0,970	0,864	0,509

Keterangan : Data berdistribusi normal bila $p > 0,05$

Tabel 5.10 menunjukkan bahwa semua harga $p > 0,05$. Hal ini dapat diartikan bahwa semua data mempunyai distribusi normal sehingga memenuhi syarat untuk dilakukan uji parametrik. Uji parametrik dua variabel yaitu tegangan listrik dan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin terhadap absorbansi sel menggunakan analisis varians/Anava faktorial yaitu Anava dua arah (*two way Anava*). Hasil dari uji tersebut terdapat pada lampiran 7 dan dapat dilihat pada tabel 5.11.

Tabel 5.11 Hasil uji Anava dua arah antara tegangan listrik dan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin terhadap absorbansi sel

Sumber variasi	Jumlah kuadrat	db	Rerata kuadrat	F	S
Efek utama					
1. TL	0,008904	2	0,004452	3,214	0,047
2. LP	0,002733	2	0,001366	0,986	0,379
Interaksi					
Tegangan listrik * LP	0,003442	4	0,0008606	0,621	0,649

Keterangan : db = derajat bebas, F = Fhitung, S = p = probabilitas, LP = lama penyinaran. TL = tegangan listrik. Uji Anava dikatakan bermakna bila $p < 0,05$

Pada tabel 5.11 antar tegangan listrik menunjukkan adanya perbedaan bermakna terhadap nilai absorbansi sel. Sedangkan antar lama penyinaran tidak menunjukkan adanya perbedaan bermakna terhadap nilai absorbansi sel ($p = 0,379$). Demikian juga pada interaksi antara tegangan listrik dan lama penyinaran tidak menunjukkan adanya perbedaan bermakna terhadap nilai absorbansi sel ($p = 0,649$). Hal ini dapat diartikan bahwa makin rendah tegangan listrik penyinaran terhadap semen ionomer gelas modifikasi resin makin kecil nilai absorbansi yang dihasilkan. Tetapi dengan memperpanjang lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin tidak selalu akan meningkatkan nilai absorbansinya. Dari hasil uji statistik tersebut juga terlihat bahwa interaksi antara dua variabel, yaitu tegangan listrik dan lama penyinaran, tidak akan mempengaruhi penurunan maupun peningkatan nilai absorbansi.

Untuk mengetahui ada atau tidak adanya beda antar kelompok perlakuan maka dilakukan uji analisis varians yaitu Anava satu arah (*one way anava*). Pada uji tersebut kelompok kontrol sel diikuti sertakan yang dapat dilihat pada tabel 5.12 di bawah ini.

Tabel 5.12 Hasil uji Anava satu arah antar kelompok perlakuan terhadap absorbansi sel

Sumber variasi	Jumlah kuadrat	db	Rerata kuadrat	F	S
Grup/kelompok	0,02269	9	0,00252	1,806	0,083

Hasil uji Anava satu arah (tabel 5.12) tersebut menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan bermakna di antara kelompok perlakuan maupun kelompok kontrol sel terhadap nilai absorbansi sel ($p = 0,83$, lebih besar dari $0,05$). Artinya bahwa secara keseluruhan nilai absorbansi antara kelompok perlakuan yang satu dengan kelompok perlakuan yang lain tidak terdapat perbedaan bermakna

Untuk mengetahui kemaknaan antar masing-masing kelompok perlakuan maka dilanjutkan dengan uji *Least Significant Difference* (LSD) yang tersaji pada lampiran 9 dan dapat dilihat pada tabel 5.13.

Tabel 5.13 Hasil uji LSD antar kelompok tegangan listrik dan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin terhadap absorbansi sel

Kelompok Tegangan listrik- LP	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	K
B1	-	NS 0,213	NS 0,523	NS 0,107	NS 0,171	NS 0,335	NS 0,065	NS 0,153	NS 0,177	NS 0,436
B2		-	NS 0,062	NS 0,678	NS 0,899	NS 0,774	NS 0,540	NS 0,852	NS 0,881	NS 0,050
B3			-	S 0,028	S 0,047	NS 0,112	S 0,014	S 0,041	NS 0,051	NS 0,871
B4				-	NS 0,770	NS 0,490	NS 0,859	NS 0,815	NS 0,798	S 0,022
B5					-	NS 0,680	NS 0,627	NS 0,952	NS 0,978	S 0,038
B6						-	NS 0,370	NS 0,636	NS 0,670	NS 0,090
B7							-	NS 0,670	NS 0,658	S 0,012
B8								-	NS 0,976	S 0,033
B9									-	S 0,041
K										-

Keterangan : S = ada beda bermakna
NS = tidak ada beda bermakna
K = kontrol sel

Tabel 5.13 menunjukkan bahwa antar kelompok perlakuan sebagian besar tidak menunjukkan adanya perbedaan bermakna. Kelompok yang menunjukkan adanya perbedaan bermakna yaitu antara kelompok B3 dan B4, B3 dan B5, B3 dan B7, B3 dan B8, B4 dan kontrol sel, B5 dan kontrol sel, B7 dan kontrol sel, B8 dan kontrol sel, B9 dan kontrol sel.

Dari uji LSD dapat disimpulkan bahwa pada tegangan listrik penyinaran 200 volt, baik untuk lama penyinaran 20 detik, 40 detik dan 60 detik nilai absorbansi sel menunjukkan perbedaan bermakna terhadap kontrol sel. Artinya pada tegangan listrik penyinaran 200 volt akan menghasilkan semen ionomer gelas modifikasi resin yang lebih sitotoksik dibanding kontrol sel. Hal yang sama juga ditunjukkan untuk tegangan listrik penyinaran 210 volt, tetapi dengan memperpanjang lama penyinaran hingga 60 detik tidak menunjukkan adanya perbedaan bermakna terhadap kontrol sel. Sedangkan pada tegangan listrik penyinaran 220 volt, baik untuk lama penyinaran 20 detik, 40 detik dan 60 detik tidak menunjukkan adanya perbedaan bermakna terhadap kontrol sel. Artinya pada tegangan listrik penyinaran 220 volt dan lama penyinaran 20 detik, 40 detik dan 60 detik tidak menghasilkan semen ionomer gelas modifikasi resin yang sitotoksik dibanding kontrol sel.

Pada hasil uji Anava dua arah sebelumnya dapat diketahui tidak adanya keterkaitan atau interaksi antara tegangan listrik dan lama penyinaran terhadap kekerasan permukaan semen ionomer gelas modifikasi resin. Tetapi belum dapat diketahui bagaimana bentuk interaksi antara kedua variabel tegangan listrik dan lama penyinaran dapat mempengaruhi absorbansi sel. Untuk mengetahui interaksinya maka

dilakukan uji Regresi linier ganda sehingga akan dapat diketahui apakah kedua variabel tersebut mempunyai korelasi positif atau negatif. Hasil uji tersebut terdapat pada lampiran 10 dan dapat dilihat pada tabel 5.14 berikut ini.

Tabel 5.14 Hasil uji Regresi linier ganda antara dua variabel tegangan listrik dan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin terhadap absorbansi sel

Model	Jumlah kuadrat	db	Rerata kuadrat	F	S
Regresi	0,009274	2	0,004637	3,438	0,038
Sisa	0,09038	67	0,001349		
Total	0,09965	69			

Tabel 5.14 menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang bermakna antara dua variabel tegangan listrik dan lama penyinaran terhadap absorbansi sel. Untuk melihat lebih jelas masing-masing variabel, tegangan listrik dan lama penyinaran, berkorelasi terhadap absorbansi sel dapat dilihat pada tabel 5.15.

Tabel 5.15 Hasil uji Regresi linier ganda masing-masing variabel

Model	B	SE	Beta	T	ST
(Konstanta)	-0,166	0 113		-1,466	0,147
Tegangan listrik	0,001282	0,001	0,278	2,393	0,020
Lama penyinaran	0,0002763	0,000	0,119	1,020	0,311

Keterangan : B = harga *slope*/kemiringan garis regresi, SE = standart eror, T = Thitung, ST = p = probabilitas, uji regresi bermakna bila nilai $p < 0,05$

Hasil uji Regresi di tabel 5.15 menunjukkan adanya korelasi positif (ditandai nilai B yang positif). Hal ini dapat diartikan bahwa dengan bertambah besarnya tegangan listrik secara bermakna akan makin memperbesar nilai absorbansi sel. Sedangkan dengan bertambah lamanya waktu penyinaran akan makin memperbesar nilai absorbansi sel tetapi pertambah besaran nilai tersebut tidak secara bermakna.

BAB 6

PEMBAHASAN

TESIS

BAB 6

PEMBAHASAN

Jenis penelitian yang berjudul “Pengaruh tegangan listrik dan lama penyinaran pada semen ionomer gelas modifikasi resin terhadap kekerasan permukaan dan sitotoksisitas” ini adalah eksperimental laboratoris (*true experimental*). Pada penelitian ini memenuhi tiga prinsip yang harus dipenuhi dalam penelitian jenis eksperimental laboratoris yaitu replikasi, randomisasi dan kontrol/pembanding. Sedangkan rancangan penelitian ini adalah *the posttest only group control design*, karena pada penelitian ini tidak ada pengukuran awal (*pretest*).

Pada penelitian eksperimental laboratoris ini dianggap sebagai rancangan penelitian yang mempunyai validitas eksternal dan validitas internal yang paling tinggi. Dalam hal ini, validitas eksternal dijamin dengan telah dilakukannya randomisasi. Untuk validitas internal telah dieliminasi dengan dilakukannya replikasi dan adanya perlakuan kontrol/pembanding (Muhamad, 1999).

Pada penelitian ini dilakukan uji kekerasan permukaan karena uji kekerasan permukaan merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengevaluasi kedalaman kuring bahan restorasi semen ionomer gelas modifikasi resin (Swift dkk, 1995). Selain itu uji kekerasan permukaan juga dapat sebagai indikator ketahanan dalam pemakaian suatu bahan yang menunjukkan ketahanan terhadap goresan atau abrasi (Van Noort, 1994). Sedangkan bahan ini diindikasikan untuk restorasi kelas 3 dan kelas 5, erosi servikal atau lesi abrasi, lesi karies akar dan reparasi sementara gigi patah (Craig dan Ward, 1997). Selain itu bahan ini digunakan untuk restorasi pada daerah dengan *stress-bearing* yang ringan (Craig dan Powers, 2002). Jadi uji yang lebih sesuai adalah kekerasan permukaan. Untuk uji kekerasan permukaan ini

digunakan alat *Micro Vickers Hardness Tester* model MXT 70 (Matsuzawa Seiki Co., Ltd, Jepang).

Pada penelitian ini juga dilakukan uji sitotoksitas karena bahan restorasi semen ionomer gelas modifikasi resin terdapat tambahan resin. Adanya komponen resin dapat menyebabkan sitotoksik (Caughman dkk, 1990 dan Hanks dkk, 1991). Untuk uji sitotoksitas pada penelitian ini digunakan esei MTT.

Di dalam penelitian ini kelompok penyinaran pada 220 volt dan lama penyinaran 20 detik dianggap sebagai kelompok kontrol perlakuan. Hal tersebut mengingat alat kuring sinar tampak yang digunakan bekerja pada tegangan listrik 220 volt. Sedangkan bahan uji yang digunakan memerlukan lama penyinaran 20 detik (sesuai petunjuk pabrik).

Hasil uji kekerasan permukaan semen ionomer gelas modifikasi resin menunjukkan adanya penurunan tegangan listrik penyinaran akan menurunkan nilai kekerasan permukaan yang dihasilkan. Keadaan tersebut kemungkinan disebabkan adanya penurunan tegangan listrik akan menurunkan *output* alat kuring sinar tampak sehingga intensitas sinar yang dihasilkan juga akan menurun. Hal ini sesuai dengan Fan dkk (1987) dan Craig (1997) yang menyatakan bahwa variasi *input* tegangan listrik mempengaruhi *output* beberapa alat kuring sinar tampak. Pancaran atau intensitas sinar dari alat tersebut akan menurun dengan makin menurunnya tegangan listrik.

Pada bahan restorasi dengan sistem induksi yang diaktivasi oleh sinar, photon-photon akan mengaktifkan inisiator (kamforokuinon) untuk membentuk radikal bebas. Adanya radikal bebas ini akan menginisiasi terjadinya proses polimerisasi. Sedangkan banyaknya photon yang ada secara langsung berhubungan dengan intensitas sinar. Jadi makin tinggi intensitas sinar makin banyak energi photon yang dihasilkan,

demikian juga sebaliknya. Selain itu, disebutkan juga bahwa intensitas sinar secara bermakna mempengaruhi banyaknya radikal bebas yang terbentuk (Anusavice, 1996). Hal ini dapat diartikan bahwa pada intensitas sinar yang rendah sebagai hasil dari adanya penurunan tegangan listrik akan menyebabkan energi photon, yang akan menginisiasi pembentukan radikal bebas, menjadi menurun. Akibatnya, jumlah radikal bebas yang dihasilkan juga akan menurun sehingga proses polimerisasi menjadi makin tidak sempurna dengan akibat dapat menurunkan nilai kekerasan permukaan semen ionomer gelas modifikasi resin.

Menurut Anusavice (1996) proses polimerisasi tidak pernah terjadi dengan sempurna, karena masih terdapat monomer sisa yang tidak dapat bereaksi menjadi polimer. Apabila proses polimerisasi yang sudah sedemikian rupa ditambah dengan keadaan kurang menunjang, misal dalam hal ini intensitas sinar yang kurang karena adanya penurunan tegangan listrik, maka kemungkinan proses polimerisasi menjadi makin tidak sempurna. Hal ini sesuai dengan pernyataan Pearson dan Longman (1989) bahwa polimerisasi yang tidak sempurna terhadap bahan restorasi yang berbahan dasar resin dapat disebabkan oleh penyinaran bahan yang tidak adekuat. Sebagai akibat dari proses polimerisasi yang tidak sempurna akan menyebabkan sebagian monomer tidak dapat bereaksi menjadi rantai polimer dan menyebabkan peningkatan monomer sisa. Keadaan ini juga akan mempengaruhi derajat polimerisasi dan masa molekul relatif, makin banyak monomer sisa yang ada maka derajat polimerisasi dan masa molekul relatif makin menurun. Akibat dari keadaan tersebut maka sifat mekanisnya juga akan menurun, dalam hal ini terjadi penurunan kekerasan permukaan (Ruslan, 1993).

Hasil uji statistik Anava dua arah menunjukkan bahwa terdapat perbedaan bermakna pada antar lama penyinaran terhadap nilai kekerasan permukaan. Artinya,

dengan memperpanjang waktu penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin akan meningkatkan nilai kekerasan permukaan yang dihasilkan. Hal ini kemungkinan disebabkan karena adanya perpanjangan waktu penyinaran maka energi sinar untuk mengaktifasi proses polimerisasi juga akan meningkat. Energi yang ditimbulkan akan menentukan derajat polimerisasi (Sakaguchi dkk, 1992). Dengan makin meningkatnya energi sinar maka jumlah photon yang akan menginisiasi pembentukan radikal bebas akan meningkat. Akibatnya, dengan makin banyaknya radikal bebas yang terbentuk maka derajat polimerisasi akan meningkat sehingga sifat mekanis yaitu kekerasan permukaan juga akan meningkat (Anusavice, 1996).

Pada hasil uji statistik LSD menunjukkan bahwa dengan perpanjangan waktu penyinaran tidak selalu menghasilkan peningkatan kekerasan permukaan yang secara statistik terdapat perbedaan bermakna. Secara keseluruhan dapat dilihat di tabel 5.7 baik pada kelompok tegangan listrik penyinaran 220 volt, 210 volt dan 200 volt antara lama penyinaran 40 detik dan 60 detik secara statistik nilai kekerasan permukaan tidak menunjukkan perbedaan bermakna. Hal ini kemungkinan karena komposisi semen ionomer gelas modifikasi resin yang terbesar adalah seperti pada semen ionomer konvensional. Sedangkan penambahan resin hanya dalam jumlah relatif kecil sekitar 5% - 15% HEMA (Mount dan Hume, 1998). Pada jumlah HEMA yang sedikit meskipun lama penyinaran ditingkatkan dari 40 detik menjadi 60 detik peningkatan nilai kekerasan permukaan yang dihasilkan tidak ada perbedaan bermakna. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Ikeda dkk (2002) yang menyatakan bahwa derajat kuring yang rendah kemungkinan disebabkan oleh jumlah resin yang sedikit.

Kemungkinan lain adalah penyinaran untuk polimerisasi yang distimulasi dengan sinar pada kelompok metakril dari rantai samping polikarboksilat, yaitu yang menghasilkan formasi anyaman polikarboksilat, terbatas oleh pergerakan dari

kelompok metakril sehingga menyulitkan proses polimerisasi. Selain itu disebutkan juga oleh Ikeda dkk (2002) bahwa polimerisasi resin dari semen ionomer gelas modifikasi resin ini dapat dipengaruhi oleh reaksi asam-basa. Keadaan ini terjadi karena pada waktu bubuk dan cairan semen ionomer gelas modifikasi resin diaduk sudah terjadi reaksi asam-basa sebagaimana yang terjadi pada semen ionomer gelas konvensional (Tay dan Lynch, 1990; Van Noort, 1994; Craig, 1997; Mount dan Hume, 1998). Dengan adanya sebagian semen yang telah bereaksi inilah yang diperkirakan dapat menghalangi proses polimerisasi oleh sinar tampak. Dengan demikian pada lama penyinaran yang diperpanjang hingga 60 detik tidak akan terjadi peningkatan nilai kekerasan permukaan yang bermakna dibanding pada lama penyinaran 40 detik.

Telah disebut sebelumnya bahwa perpanjangan lama penyinaran tidak selalu meningkatkan kekerasan permukaan secara bermakna. Dengan memperpanjang lama penyinaran pada tegangan listrik yang lebih rendah (210 volt dan 200 volt) tidak dapat meningkatkan nilai kekerasan permukaan seperti pada nilai kekerasan permukaan kelompok kontrol perlakuan. Jadi meskipun lama penyinaran ditingkatkan hingga 60 detik pada tegangan listrik penyinaran 210 volt dan 200 volt tidak akan ada yang menyamai nilai kekerasan permukaan yang diperoleh pada kelompok penyinaran 220 volt. Keadaan ini kemungkinan disebabkan oleh intensitas sinar lebih berperan dalam mengaktifkan inisiator sinar yang terdapat dalam bahan restorasi tersebut.

Hal tersebut di atas sesuai dengan penelitian Abate dkk (1997) yang menyebutkan bahwa pengerasan semen ionomer gelas modifikasi resin di permukaan atas sangat dipengaruhi oleh intensitas sinar. Artinya, aktivasi fisik dengan penyinaran adalah suatu faktor penting dalam mencapai nilai kekerasan permukaan yang tinggi. Pada penurunan tegangan listrik dapat menyebabkan intensitas sinar menurun

sehingga dapat mempengaruhi fotoaktivasi dan polimerisasi (Fan dkk, 1987). Selain itu juga dapat mempengaruhi kedalaman dan derajat polimerisasi (Kanca, 1985). Pada intensitas yang terlalu rendah maka energi yang terbentuk untuk tingkat yang diperlukan dalam pembentukan radikal bebas tidak dapat terjadi (Blankenau dkk, 1983) sehingga proses polimerisasi tidak dapat berjalan dengan sempurna.

Pada keadaan intensitas yang tidak adekuat karena tegangan listrik penyinaran yang rendah tidak akan dapat mengaktivasi bahan fotoinisiator yang terdapat pada semen ionomer gelas modifikasi resin, sehingga proses polimerisasi tidak dapat berjalan sebaik pada tegangan listrik penyinaran 220 volt.

Pada penelitian ini untuk kelompok kontrol perlakuan yaitu pada tegangan listrik 220 volt dan lama penyinaran 20 detik menghasilkan kekerasan permukaan sebesar 36,11 VHN. Nilai tersebut hampir sama dengan hasil penelitian Attin dkk (1996) yang menyatakan bahwa kekerasan permukaan semen ionomer gelas modifikasi resin Fuji II LC untuk lama penyinaran 60 detik setelah 24 jam perendaman dalam air destilata/air sulung sebesar 36,2 VHN. Sedangkan menurut Swift dkk (1995) nilai kekerasan permukaan untuk bahan yang sama untuk lama penyinaran 40 detik yang diukur 10 menit setelah penyinaran selesai adalah 21,4 KHN.

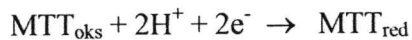
Beberapa uji *in vitro* untuk bikompatibilitas menggunakan aktivitas biosintetik atau enzimatis dari sel untuk menentukan respon sitotoksitas. Uji yang mengukur sintesa DNA (asam deoksiribonukleat) atau protein oleh sel biasanya dianalisa dengan penambahan prekursor yang dilabeli radioisotop (yaitu $^3\text{H-thymidine}$ atau $^3\text{H-leucine}$) yang menyatu ke dalam DNA atau protein. Saat ini yang sering digunakan untuk uji enzimatis terhadap sitotoksitas adalah uji MTT (Craig dan Powers, 2002).

Uji MTT dapat mengukur aktivitas dari enzim dehidrogenase selular, melalui sejumlah bahan yang mereduksi tingkat selular. Hal ini ditandai dengan adanya perubahan dari MTT [3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyl tetrazolium bromide] atau garam tetrazolium yang berwarna kuning dan bersifat larut menjadi senyawa formazan yang berupa endapan berwarna biru dan tidak larut (Craig dan Powers, 2002; Fazwishni dan Hadijono, 2002). Garam tetrazolium berwarna kuning tersebut akan direduksi di dalam sel yang mempunyai aktivitas metabolik, yang mempunyai peranan penting dalam hal ini adalah mitokondria dari sel hidup (*viable*) yang menghasilkan enzim dehidrogenase. Bila dehidrogenase tidak aktif karena efek sitotoksik, maka formazan tidak akan terbentuk.

Produksi formazan dapat dihitung melalui bahan yang terlarut dan mengukur densitas optikal dari larutan yang dihasilkan (Craig dan Powers, 2002). Aktivitas dehidrogenase dapat diukur absorbansinya dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 540 nm (Kan dkk, 1997) atau 570 nm (Telli dkk, 1999). Esei kolorimetri ini mengukur aktivitas dehidrogenase yang memberikan suatu indikasi dari respirasi sel, sehingga esei ini mengukur perubahan aktivitas metabolik dari sel dan tidak selalu menunjukkan perubahan jumlah sel.

Telah disebut pada bab 5 bahwa nilai absorbansi sel makin tinggi berarti sitotoksisitas suatu bahan makin rendah, sedangkan nilai absorbansi sel makin rendah berarti sitotoksisitas suatu bahan makin tinggi. Hal ini dapat dijelaskan bahwa pada absorbansi sel yang tinggi menunjukkan aktivitas dehidrogenase yang tinggi karena adanya jumlah DNA sel juga tinggi. Keadaan ini menunjukkan bahwa pertumbuhan sel juga tinggi yang dapat diartikan bahwa suatu bahan yang diuji sitotoksisitas tersebut makin tidak bersifat toksik.

Proses yang terjadi pada penggunaan MTT sebagai pereaksi pengganti bahan radioisotop adalah reaksi redoks :



Sel yang hidup akan menelan pereaksi MTT yang berwarna kuning dan akan mengalami reduksi oleh metabolit sel membentuk kristal berwarna biru (Soeprapto, 1997).

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa semen ionomer gelas modifikasi resin merupakan bahan hibrida dari kombinasi semen ionomer gelas konvensional dan resin metakrilat. Menurut Caughman dkk (1990) sitotoksitas pada semen ionomer gelas konvensional adalah minimal, tetapi komponen resin sendiri bersifat sitotoksik.

Hasil penelitian sitotoksitas semen ionomer gelas modifikasi resin ini menunjukkan bahwa adanya penurunan tegangan listrik penyinaran akan menurunkan absorbansi sel. Seperti telah dijelaskan sebelumnya, hal ini kemungkinan karena tegangan listrik penyinaran yang menurun akan menyebabkan intensitas sinar menurun sehingga energi sinar untuk menginisiasi bahan inisiator juga berkurang. Akibatnya, proses polimerisasi tidak dapat berjalan dengan sempurna. Keadaan ini akan mengakibatkan terjadinya peningkatan jumlah monomer sisa (Intan, 2001). Adanya monomer sisa yang tinggi akan meningkatkan sitotoksitas yang ditandai dengan makin menurunnya absorbansi sel. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh IGA Wahyu (2001) yang menyatakan bahwa makin tinggi kadar monomer MMA (metil metakrilat) makin meningkatkan sitotoksitas.

Hasil uji Anava dua arah tidak menunjukkan adanya perbedaan bermakna antar lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin terhadap nilai absorbansi sel. Artinya dengan memperpanjang lama penyinaran tidak selalu dapat meningkatkan nilai absorbansi sel. Seperti telah dijelaskan sebelumnya, hal ini kemungkinan

disebabkan adanya perpanjangan waktu penyinaran maka energi sinar untuk mengaktifasi proses polimerisasi juga akan meningkat. Energi yang ditimbulkan akan menentukan derajat polimerisasi (Sakaguchi dkk, 1992). Dengan makin meningkatnya energi sinar maka jumlah photon yang akan menginisiasi pembentukan radikal bebas akan meningkat. Dengan meningkatnya radikal bebas maka polimerisasi akan berjalan lebih baik sehingga monomer sisa yang diperkirakan dapat menyebabkan sitotoksitas akan menurun. Keadaan ini ditandai dengan adanya sedikit peningkatan absorbansi sel meski secara statistik tidak ada perbedaan bermakna. Hal ini kemungkinan radikal bebas yang ada tidak seluruhnya dapat mengawali polimerisasi, jadi kemungkinan masih ada monomer sisa yang tersisa yang diperkirakan dapat mempengaruhi sitotoksitas, sehingga meskipun lama penyinaran diperpanjang tidak dapat meningkatkan nilai absorbansi secara bermakna.

Dari tabel 5.12. dapat dilihat bahwa pada tegangan listrik penyinaran 200 volt untuk semua lama penyinaran (20 detik, 40 detik dan 60 detik) menunjukkan ada perbedaan bermakna terhadap kelompok kontrol sel. Artinya pada tegangan listrik penyinaran yang rendah (200 volt) akan menghasilkan semen ionomer gelas modifikasi resin yang bersifat sitotoksik dibanding kelompok kontrol sel. Keadaan ini kemungkinan disebabkan oleh intensitas sinar yang lebih berperan dalam mengaktifkan inisiator sinar yang terdapat dalam bahan restorasi tersebut. Artinya, pada penurunan tegangan listrik dapat menyebabkan intensitas sinar menurun sehingga dapat mempengaruhi fotoaktifasi dan polimerisasi (Fan dkk, 1987). Selain itu juga dapat mempengaruhi kedalaman dan derajat polimerisasi (Kanca, 1985). Pada intensitas yang terlalu rendah maka energi yang terbentuk untuk tingkat yang diperlukan dalam pembentukan radikal bebas tidak dapat terjadi (Blankenau dkk, 1983) sehingga proses polimerisasi tidak dapat berjalan dengan sempurna. Pada

keadaan tersebut jumlah monomer sisa diperkirakan akan meningkat sehingga bahan restorasi tersebut akan bersifat lebih sitotoksik.

Hal yang sama juga terjadi pada tegangan listrik penyinaran 210 volt untuk lama penyinaran 20 detik dan 40 detik. Tetapi pada perpanjangan lama penyinaran hingga 60 detik tidak menunjukkan adanya perbedaan nilai absorbansi sel yang bermakna terhadap kelompok kontrol sel. Artinya, pada tegangan listrik penyinaran 210 selama 60 detik tidak menyebabkan semen ionomer gelas modifikasi resin bersifat sitotoksik. Keadaan ini kemungkinan dengan meningkatkan lama penyinaran menjadi 60 detik dapat mengkompensasi intensitas sinar yang kurang dari alat kuring sinar tampak. Dengan meningkatkan lama penyinaran tersebut kemungkinan energi sinar yang dihasilkan dapat menginisiasi inisiator untuk membentuk radikal bebas dengan cukup sehingga monomer sisa yang mungkin masih tersisa tidak menyebabkan bahan tersebut bersifat sitotoksik.

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

TESIS

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

1. Penurunan tegangan listrik penyinaran dari 220 volt menjadi 200 volt pada lama penyinaran 20 detik menyebabkan penurunan kekerasan permukaan semen ionomer gelas modifikasi resin dari 36,11 VHN menjadi 18,96 VHN (47,49%).
2. Penambahan lama penyinaran dari 20 detik menjadi 60 detik pada tegangan listrik penyinaran 200 volt menyebabkan peningkatan kekerasan permukaan semen ionomer gelas modifikasi resin dari 18,96 VHN menjadi 27,55 VHN (31,18%).
3. Penurunan tegangan listrik penyinaran dari 220 volt menjadi 200 volt pada lama penyinaran 20 detik menyebabkan peningkatan sitotoksitas semen ionomer gelas modifikasi resin yang ditandai dengan penurunan absorbansi sel kultur dari 0,134 menjadi 0,099 (26,12%).
4. Penambahan lama penyinaran dari 20 detik menjadi 60 detik pada tegangan listrik penyinaran 200 volt menyebabkan penurunan sitotoksitas semen ionomer gelas modifikasi resin yang ditandai dengan peningkatan absorbansi sel kultur dari 0,099 menjadi 0,108 (8,33%).

7.2 Saran

1. Masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang unsur apa saja yang dapat mempengaruhi sitotoksitas semen ionomer gelas modifikasi resin.

2. Masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut sampai seberapa besar sitotoksitas bahan semen ionomer modifikasi resin ini yang masih dapat diterima tanpa menimbulkan kelainan pada sel-sel jaringan mulut.

DAFTAR PUSTAKA

TESIS

DAFTAR PUSTAKA

- Abate PF, Polack MA, Macchi RL, 1997. Barcoll hardness of resin-modified glass ionomer cements and a compomer, *Quint. Int*, 28: 345-348.
- Abdalla AI, Alhadainy HA, 1997. Clinical evaluation of hybrid ionomer restoratives in class V abrasion lesions : Two-year results, *Quint. Int*, 28: 255-258.
- Anita Y. 1995. Pengaruh jarak dan lama penyinaran lampu penerang dental unit terhadap sifat fisik, mekanik dan kimia resin komposit sinar tampak. Tesis, Universitas Airlangga, Indonesia.
- Anusavice, 1996. Phillip's science of dental materials, 10th ed. W,B. Saunders Comp., pp 69-71, 273-299, 525-554.
- Attin T, Vataschki M, Hellwig E, 1996. Properties of resin-modified glass-ionomer restorative materials and two polyacid-modified resin composite materials, *Quint. Int*, 27: 203-209.
- Beltes P, Koulaouzidou E, Kolokuris I, Kortsaris 1997. In vitro evaluation of the cytotoxicity of two glass-ionomer root canal sealers, *J. Endodon*. 23 : 572-574.
- Blankenau RJ, Kelsey WP, Cavel WT, Blankenau P, 1983. Wavelength and intensity of seven systems for visible light-curing composite resin: a Comparison study, *JADA*, 106: 471-477.
- Budi SL 1993. Pengaruh tegangan listrik, intensitas sinar dan waktu penyinaran terhadap kekerasan permukaan resin komposit sinar tampak, Tesis Universitas Airlangga, Indonesia.
- Burke FM, Hamlin PD, Lynch EJ, 1990. Depth of cure of light-cured glass ionomer cements, *Quint. Int*, 21: 977-981.
- Caughman WF, Caughman GB, Dominy WT, Schuster GS (1990). Glass ionomer and composite resin cements : Effects on oral cells, *J Prosthet Dent*, 63 : 513-521.
- Combe EC, 1992. Notes on dental materials, 6th ed, Churchill Livingstone, pp 73-95.
- Craig RG, Ward ML, 1997. Restorative dental material, 10th ed, Mosby, pp 244-280.
- Craig RG, Powers JM, 2002. Restorative dental material, 11th ed, Mosby, pp196-152, 212-216.
- Edgerton M, Levine MJ, 1993. Biocompatibility: Its future in prosthodontic reseach, *J Prosthet Dent*, 69: 406-415.

- Ellyza H, 1997. Tinjauan terhadap suatu material restorasi : resin-modified glass ionomer, *J Ked. Gigi UI*, 4: 468-478.
- Fan PL, Wozniak WT, Reyes WD, Stanford JW, 1987. Irradiance of visible light-curing units and voltage variation effects, *JADA*, 115: 442-445.
- Fazwishni S, Hadijono BS, 2000. Uji sitotoksitas dengan esei MTT, *J Ked Gigi, Universitas Indonesia*, 7: 28-32.
- Felkel GLU, 1995. Hybrid resin ionomers: A shadowy world between resin composite and glass ionomer cements, *J Endo Restorasi*, 1 (2): 5-7.
- Fujibayashi K, Ishimaru K, Takahashi N, Kohno A, 1996. Newly developed curing unit using blue light-emitting diodes, *Dent in Japan*, 34: 49-53.
- Gieni RS, Li Y, HayGlass KT, 1995. Comparison of (3H)thymidine incorporation with MTT- and MTS-based bioassays for human and muneine IL-2 and IL-4 anlysis Tetrazolium assays provide markedly enhanced sensitivity, *J Immunol. Methods*, 187: 85-93.
- Geurtsen W, Spahl W, Leyhausen G, 1999. Residual monomer/additive release and variability in cytotoxicity of light-curing glass-ionomer cements and compomers, *J Dent Res (Abstract)*, 78 (3): 724.
- Hanks CT, Strawn SE, Wataha JC, Craig RG, 1991. Cytotoxic effects of resin components on cultured mammalian fibroblasts, *J Dent Res* 70 : 1450-1455.
- Higgins JE, Klimbaun AP, 1985. Determining sample size in introduction to randomized clinical trials, *USA : Family Health International*, pp 24-25.
- IGA Wahyu A, Soekotjo D, Ida PT, 1999. Biokompatibilitas akrilik jenis cold curing tanpa dan dengan polyclaf (Dentaurum) pada tekanan 2 atmosfir, *Lembaga Penelitian Universitas Airlangga*, 13-40.
- Ikeda K, Fujishima A, Yamamoto M, Inoue M, Suzuki M, Miyazaki T, Sasa R, 2002. Measurment of the degree of cure for resin-modified glass ionomer cements by IR Spectroscopic Analysis, *Dent. in Japan*, 38: 95-100.
- Intan N 2001. Kandungan monomer sisa pada resin akrilik rapid heat cured dengan proses kuring berbeda, *Maj. Ked. Gigi (Dent. J.)*, 34 (3): 119-121.
- Kan KC, Messer LB, Messer HH 1997. Variability in cytotoxicity and fluoride release of resin-modified glass-ionomer cements. *J. Dent. Res.*, 76 (8): 1502-1507.
- Kanca J, 1985. Visible light-activated posterior composite resins – A comparison of surface hardness and uniformity of cure. *Quint. Int.*, 5 : 345-347.

- Kasugai S Hasegawa N, Ogura H, 1991. Application of the MTT colorimetric assay to measure cytotoxic effects of phenolic compounds on established rat dental pulp cells, *J. Dent. Res.*, 70(2): 127-130.
- Lloyd CH, Scrimgeour SN, 1996. Dental materials : 1994 Literature Review, *J Dent*, 24 (3): 153-184.
- Marais JT, Dannheimer MF, Germishuys PJ, Borman JW, 1997. Depth of cure of light-cured composite resin with light-curing units of different intensity. *J Dent Assoc S Afr. (Abstract)*, 52(6): 403-407.
- Martin FE, 1998. A survey of the efficiency of visible light curing units, *J Dent (Abstract)* 26: 239-243.
- Mitra SB, 1991. Adhesion to dentin and physical properties of a light-cured glass-ionomer liner/Base, *J Dent Res*, 70 (1): 72-74.
- Mount GJ, 1997. Longevity in glass-ionomer restorations: Review of a successful technique, *Quint. Int*, 28: 643-650.
- Mount GJ, 1999. Glass ionomers: A review of their current status, *Oper. Dent*, 24: 115-124.
- Mount GJ, Hume WR, 1998. Preservation and restoration of tooth structure. Mosby, pp: 55-105, 196-197.
- Muhamad Z, 1999. Metodologi penelitian. Program Pasca Sarjana Universitas Airlangga, Surabaya, hlm 1-100.
- Nirawati P, 2000. Daya serap air dan kelarutan garam Na pada semen perekat ionomer gelas yang mendapat tekanan dan tidak mendapat tekanan. Tesis, Universitas Airlangga, Indonesia.
- Pearson GJ, Longman CM, 1989. Water sorption and solubility of resin-based materials following inadequate polymerization by a visible-light curing system, *J Oral Rehab*, 16: 57-61.
- Poulos JG, Styner DI, 1997. Curing lights : Changes in intensity output with use over time, *Gen Dent (Abstract)* 45: 70-73.
- Ribeiro AP, Serra MC, Paulillo LAMS, Rodrigues CA, 1999. Effectiveness of surface protection for resin-modified glass-ionomer materials, *Quint. Int*, 30: 427-431.
- Ruslan E, 1993. Pengaruh suhu dan lama penyinaran terhadap sifat kimia, fisik mekanik dan biokompatibilitas, Disertasi, Universitas Airlangga, Indonesia.
- Saito S, 1993. Clinical applications of GC Fuji II LC – Theory and practice, GC Corporation, Tokyo, Japan.

- Sakaguchi RL, Douglas WH, Peters MCRB, 1992. Curing light performance and polymerization of composite restorative materials, *J Dent*, 20 : 183-188.
- Soeprapto M, 1997. *Phyllanthus niruri L sebagai imunostimulator pada mencit*, Disertasi, Universitas Airlangga, Indonesia.
- Soeprapto M, 1999. *Kultur jaringan (hewan)*, Program Pasca Sarjana Universitas Airlangga, Surabaya, hlm 1-70.
- Soeprapto M, 2001. *Sterilisasi dan disinfeksi*, Seminar sehari penyusihamaan (sterilisasi) sarana pelayanan kesehatan, Laboratorium/Instalasi Patologi Klinik, Fakultas Kedokteran , Universitas Airlangga/RSUD Dr. Soetomo, Surabaya, hlm 36-37.
- Stanley HR, 1990. *Pulpa response to ionomer cements-biological characteristics*, *JADA*, 120: 25-29.
- Steel RGD and Torrie JH, 1981. *Principles and procedure of statistics a biometrical approach* Mc. Grow Hill International, 188.
- Swartz ML, Phillips RW, Rhodes B, 1983. *Visible light-activated resin-depth of cure*, *JADA*, 106: 634-637.
- Swift EJ, Pawlus MA, Vargas MA, Fortin D, 1995. *Depth of cure of resin-modified glass ionomers*, *Dent Mater*, 11: 196-200.
- Tarim B, Hafez AA, Cox CF, 1998. *Pulpal response to a resin-modified glass ionomer material on nonexposed and exposed monkey pulps*, *Quint. Int*, 29: 535-542.
- Tay WM, Lynch E, 1990. *Glass-ionomer cements-clinical usage and experience: 1*, *Dent Update*, 11-16.
- Telli C, Serper A, Dogan AL, Guc D, 1999. *Evaluation of the cytotoxicity of calcium phosphate root canal sealers by MTT assay*, *J Endodon*, 25: 811-813.
- Van Noort R, 1994. *Introduction to dental materials*, Mosby, London, Baltimore, Bogoti, pp 41-47, 89-122.
- Williams JA, Billington RW, Pearson GJ, 1992. *The effect of maturation on in vitro erosion of glass-ionomer and other dental cements*, *Br Dent J*, 173: 340-342.
- Wilson CA, McLean JW, 1988. *Glass ionomer cement*. Quint. Publishing Co. Inc., Chicago, London, Berlin, pp 21-69.

Yao K, Chien M, Kohara O, Chikamori M, Kushida K, Hieda T, 1990. Effect of water isolation and early finishing on hardness of glass ionomer cements, J Osaka Dent Univ, 24: 141-147.

LAMPIRAN

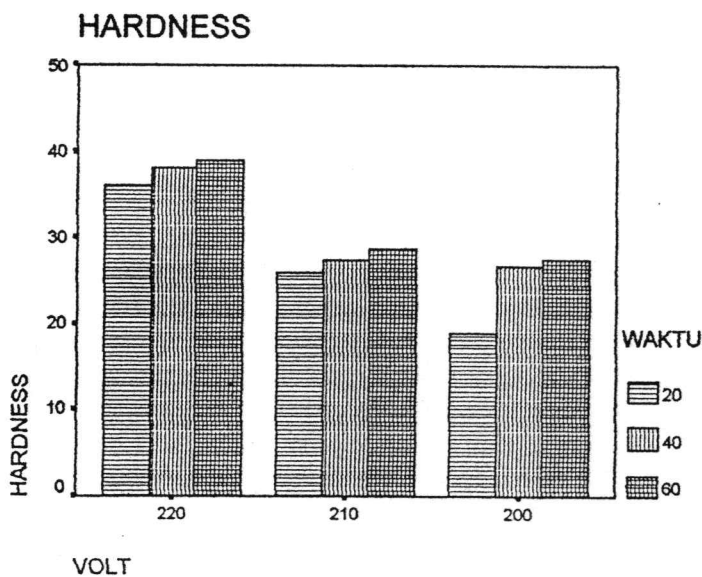
TESIS

Lampiran 1 Rerata dan simpang baku kekerasan permukaan dan absorbansi sel menurut tegangan listrik dan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin

RERATA DAN SIMPANG BAKU HARDNESS DAN ABSORBANS MENURUT TEFANGAN DAN WAKTU

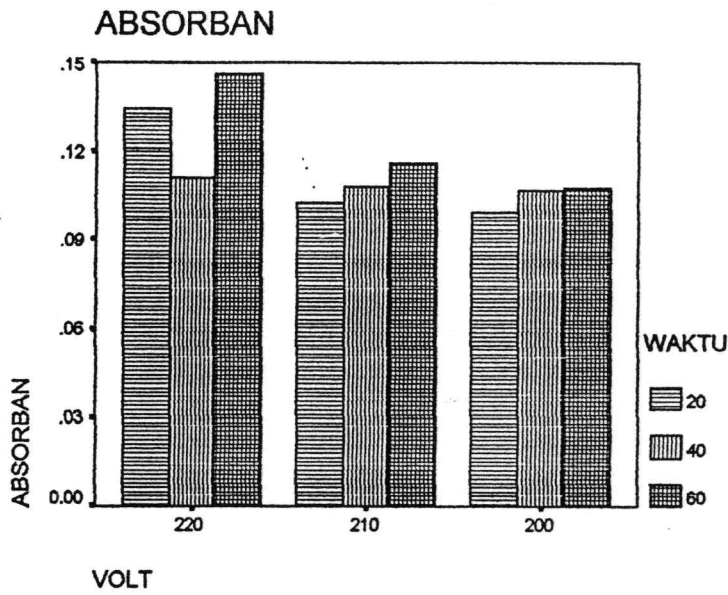
	WAKTU						
	20		40		60		
	Mean	Std Dev	Mean	Std Dev	Mean	Std Dev	
VOLT 220	HARDNESS	36,11	,90	38,07	,97	38,91	1,93
	ABSORBAN	,134	,047	,111	,016	,146	,083
210	HARDNESS	25,99	2,27	27,35	2,29	28,74	1,83
	ABSORBAN	,103	,019	,108	,021	,116	,033
200	HARDNESS	18,96	2,61	26,62	1,17	27,55	1,14
	ABSORBAN	,099	,015	,107	,020	,108	,020

Profile Plots



GAMBAR : RERATA HARDNESS MENURUT VOLT DAN WAKTU

Profile Plots



GAMBAR : RERATA ABSORBANS MENURUT VOLT DAN WAKTU

Lampiran 2 Hasil uji normalitas data dengan Kolmogorov-Smirnov untuk
kekerasan permukaan dan absorbansi sel

NPar Tests

GRUP = 220 V 20 D

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		HARDNE SS	ABSORB AN
N		8	8
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	36,1087	,13412
	Std. Deviation	,8958	4.66E-02
Most Extreme Differences	Absolute	,306	,333
	Positive	,203	,333
	Negative	-,306	-,183
Kolmogorov-Smirnov Z		,865	,943
Asymp. Sig. (2-tailed)		,442	,336

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. GRUP = 220 V 20 D

GRUP = 220 V 40 D

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		HARDNE SS	ABSORB AN
N		8	8
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	38,0725	,11062
	Std. Deviation	,9684	1.56E-02
Most Extreme Differences	Absolute	,237	,135
	Positive	,131	,127
	Negative	-,237	-,135
Kolmogorov-Smirnov Z		,670	,382
Asymp. Sig. (2-tailed)		,761	,999

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. GRUP = 220 V 40 D

GRUP = 220 V 60 D**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		HARDNE SS	ABSORB AN
N		8	8
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	38,9100	,14613
	Std. Deviation	1,9258	8.31E-02
Most Extreme Differences	Absolute	,203	,318
	Positive	,203	,318
	Negative	-,155	-,265
Kolmogorov-Smirnov Z		,575	,900
Asymp. Sig. (2-tailed)		,896	,393

- a. Test distribution is Normal.
 b. Calculated from data.
 c. GRUP = 220 V 60 D

GRUP = 210 V 20 D**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		HARDNE SS	ABSORB AN
N		8	7
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	25,9925	,10257
	Std. Deviation	2,2731	1.87E-02
Most Extreme Differences	Absolute	,131	,211
	Positive	,112	,211
	Negative	-,131	-,186
Kolmogorov-Smirnov Z		,370	,557
Asymp. Sig. (2-tailed)		,999	,915

- a. Test distribution is Normal.
 b. Calculated from data.
 c. GRUP = 210 V 20 D

GRUP = 210 V 40 D**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		HARDNE SS	ABSORB AN
N		8	8
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	27,3463	,10825
	Std. Deviation	2,2929	2.12E-02
Most Extreme Differences	Absolute	,173	,264
	Positive	,173	,264
	Negative	-,149	-,195
Kolmogorov-Smirnov Z		,490	,746
Asymp. Sig. (2-tailed)		,970	,634

- a. Test distribution is Normal.
 b. Calculated from data.
 c. GRUP = 210 V 40 D

TESIS

GRUP = 210 V 60 D**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		HARDNE SS	ABSORB AN
N		8	8
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	28,7437	,11600
	Std. Deviation	1,8257	3.26E-02
Most Extreme Differences	Absolute	,202	,198
	Positive	,160	,198
	Negative	-,202	-,135
Kolmogorov-Smirnov Z		,572	,560
Asymp. Sig. (2-tailed)		,899	,912

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. GRUP = 210 V 60 D

GRUP = 200 V 20 D**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		HARDNE SS	ABSORB AN
N		8	8
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	18,9638	9.91E-02
	Std. Deviation	2,6119	1.48E-02
Most Extreme Differences	Absolute	,230	,173
	Positive	,158	,173
	Negative	-,230	-,123
Kolmogorov-Smirnov Z		,651	,489
Asymp. Sig. (2-tailed)		,791	,970

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. GRUP = 200 V 20 D

GRUP = 200 V 40 D**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		HARDNE SS	ABSORB AN
N		8	8
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	26,6213	,10712
	Std. Deviation	1,1723	1.98E-02
Most Extreme Differences	Absolute	,172	,212
	Positive	,117	,212
	Negative	-,172	-,194
Kolmogorov-Smirnov Z		,487	,601
Asymp. Sig. (2-tailed)		,972	,864

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. GRUP = 200 V 40 D

TESIS

GRUP = 200 V 60 D**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		HARDNE SS	ABSORB AN
N		8	7
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	27,5537	,10771
	Std. Deviation	1,1407	1.96E-02
Most Extreme Differences	Absolute	,287	,311
	Positive	,169	,311
	Negative	-,287	-,169
Kolmogorov-Smirnov Z		,812	,822
Asymp. Sig. (2-tailed)		,525	,509

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. GRUP = 200 V 60 D

GRUP = KONTROL**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		ABSORB AN
N		7
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	,14929
	Std. Deviation	3.88E-02
Most Extreme Differences	Absolute	,148
	Positive	,148
	Negative	-,132
Kolmogorov-Smirnov Z		,391
Asymp. Sig. (2-tailed)		,998

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. GRUP = KONTROL

GRUP = KON MEDIA**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		ABSORB AN
N		8
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	9.00E-02
	Std. Deviation	1.37E-02
Most Extreme Differences	Absolute	,192
	Positive	,192
	Negative	-,167
Kolmogorov-Smirnov Z		,543
Asymp. Sig. (2-tailed)		,929

a. Test distribution is Normal.

b. Calculated from data.

c. GRUP = KON MEDIA
TESIS

Lampiran 3 Hasil uji Anava dua arah antara tegangan listrik dan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin terhadap kekerasan permukaan

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
VOLT	1,00	220
	2,00	210
	3,00	200
WAKTU	1,00	20
	2,00	40
	3,00	60

Descriptive Statistics

Dependent Variable: HARDNESS

VOLT	WAKTU	Mean	Std. Deviation	N
220	20	36,1088	,8958	8
	40	38,0725	,9684	8
	60	38,9100	1,9258	8
	Total	37,6971	1,7597	24
210	20	25,9925	2,2731	8
	40	27,3463	2,2929	8
	60	28,7438	1,8257	8
	Total	27,3608	2,3460	24
200	20	18,9638	2,6119	8
	40	26,6213	1,1723	8
	60	27,5538	1,1407	8
	Total	24,3796	4,2831	24
Total	20	27,0217	7,4544	24
	40	30,6800	5,5595	24
	60	31,7358	5,4441	24
	Total	29,8125	6,4616	72

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HARDNESS

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2763,466 ^a	8	345,433	108,308	,000
Intercept	63992,531	1	63992,531	20064,465	,000
VOLT	2344,654	2	1172,327	367,576	,000
WAK	293,772	2	146,886	46,055	,000
VOLT * WAK	125,040	4	31,260	9,801	,000
Error	200,929	63	3,189		
Total	66956,926	72			
Corrected Total	2964,395	71			

a. R Squared = ,932 (Adjusted R Squared = ,924)

TESIS

Pengaruh Tegangan Listrik Dan Lama Penyinaran Pada Semen Ionomer Gelas Modifikasi Resin Terhadap Kekerasan Permukaan Dan Sitotoksitas: Penelitian Eksperimental Laboratoris

Titien Hary Agustantina

Estimated Marginal Means

1. VOLT

Estimates

Dependent Variable: HARDNESS

VOLT	Mean	Std. Error
220	37,697	,365
210	27,361	,365
200	24,380	,365

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: HARDNESS

(I) VOLT	(J) VOLT	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a
220	210	10,336	,516	,000
	200	13,318	,516	,000
210	200	2,981	,516	,000

Based on estimated marginal means

- a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Univariate Tests

Dependent Variable: HARDNESS

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	2344,654	2	1172,327	367,576	,000
Error	200,929	63	3,189		

The F tests the effect of VOLT. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

2. WAKTU

Estimates

Dependent Variable: HARDNESS

WAKTU	Mean	Std. Error
20	27,022	,365
40	30,680	,365
60	31,736	,365

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: HARDNESS

(I) WAKTU	(J) WAKTU	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a
20	40	-3,658	,516	,000
	60	-4,714	,516	,000
40	60	-1,056	,516	,045

Based on estimated marginal means

- a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Univariate Tests

Dependent Variable: HARDNESS

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	293,772	2	146,886	46,055	,000
Error	200,929	63	3,189		

The F tests the effect of WAKTU. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

3. VOLT * WAKTU

Dependent Variable: HARDNESS

VOLT	WAKTU	Mean	Std. Error
220	20	36,109	,631
	40	38,073	,631
	60	38,910	,631
210	20	25,993	,631
	40	27,346	,631
	60	28,744	,631
200	20	18,964	,631
	40	26,621	,631
	60	27,554	,631

**Lampiran 4 Hasil uji Anava satu arah antar kelompok perlakuan terhadap
kekerasan permukaan semen ionomer gelas modifikasi resin**

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

	Value Label	N	
GRUP	1,00	220 V 20 M	8
	2,00	220 V 40 M	8
	3,00	220 V 60 M	8
	4,00	210 V 20 M	8
	5,00	210 V 40 M	8
	6,00	210 V 60 M	8
	7,00	200 V 20 M	8
	8,00	200 V 40 M	8
	9,00	200 V 60 M	8

Descriptive Statistics

Dependent Variable: HARDNESS

GRUP	Mean	Std. Deviation	N
220 V 20 M	36,1088	,8958	8
220 V 40 M	38,0725	,9684	8
220 V 60 M	38,9100	1,9258	8
210 V 20 M	25,9925	2,2731	8
210 V 40 M	27,3463	2,2929	8
210 V 60 M	28,7438	1,8257	8
200 V 20 M	18,9638	2,6119	8
200 V 40 M	26,6213	1,1723	8
200 V 60 M	27,5538	1,1407	8
Total	29,8125	6,4616	72

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HARDNESS

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2763,466 ^a	8	345,433	108,308	,000
Intercept	63992,531	1	63992,531	20064,465	,000
GRP	2763,466	8	345,433	108,308	,000
Error	200,929	63	3,189		
Total	66956,926	72			
Corrected Total	2964,395	71			

a. R Squared = ,932 (Adjusted R Squared = ,924)

Lampiran 5 Hasil uji LSD antar kelompok perlakuan terhadap kekerasan permukaan semen ionomer gelas modifikasi resin

**Estimated Marginal Means
GRUP**

Estimates

Dependent Variable: HARDNESS

GRUP	Mean	Std. Error
220 V 20 M	36,109	,631
220 V 40 M	38,073	,631
220 V 60 M	38,910	,631
210 V 20 M	25,992	,631
210 V 40 M	27,346	,631
210 V 60 M	28,744	,631
200 V 20 M	18,964	,631
200 V 40 M	26,621	,631
200 V 60 M	27,554	,631

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: HARDNESS

(I) GRUP	(J) GRUP	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a
220 V 20 M	220 V 40 M	-1,964	,893	,032
	220 V 60 M	-2,801	,893	,003
	210 V 20 M	10,116	,893	,000
	210 V 40 M	8,763	,893	,000
	210 V 60 M	7,365	,893	,000
	200 V 20 M	17,145	,893	,000
	200 V 40 M	9,488	,893	,000
	200 V 60 M	8,555	,893	,000
220 V 40 M	220 V 60 M	-,837	,893	,352
	210 V 20 M	12,080	,893	,000
	210 V 40 M	10,726	,893	,000
	210 V 60 M	9,329	,893	,000
	200 V 20 M	19,109	,893	,000
	200 V 40 M	11,451	,893	,000
	200 V 60 M	10,519	,893	,000
220 V 60 M	210 V 20 M	12,918	,893	,000
	210 V 40 M	11,564	,893	,000
	210 V 60 M	10,166	,893	,000
	200 V 20 M	19,946	,893	,000
	200 V 40 M	12,289	,893	,000
	200 V 60 M	11,356	,893	,000
210 V 20 M	210 V 40 M	-1,354	,893	,135
	210 V 60 M	-2,751	,893	,003
	200 V 20 M	7,029	,893	,000
	200 V 40 M	-,629	,893	,484
	200 V 60 M	-1,561	,893	,085
210 V 40 M	210 V 60 M	-1,398	,893	,123
	200 V 20 M	8,383	,893	,000
	200 V 40 M	,725	,893	,420
	200 V 60 M	-,207	,893	,817
210 V 60 M	200 V 20 M	9,780	,893	,000
	200 V 40 M	2,123	,893	,021
	200 V 60 M	1,190	,893	,187
200 V 20 M	200 V 40 M	-7,658	,893	,000
	200 V 60 M	-8,590	,893	,000
200 V 40 M	200 V 60 M	-,932	,893	,300

Based on estimated marginal means

^a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

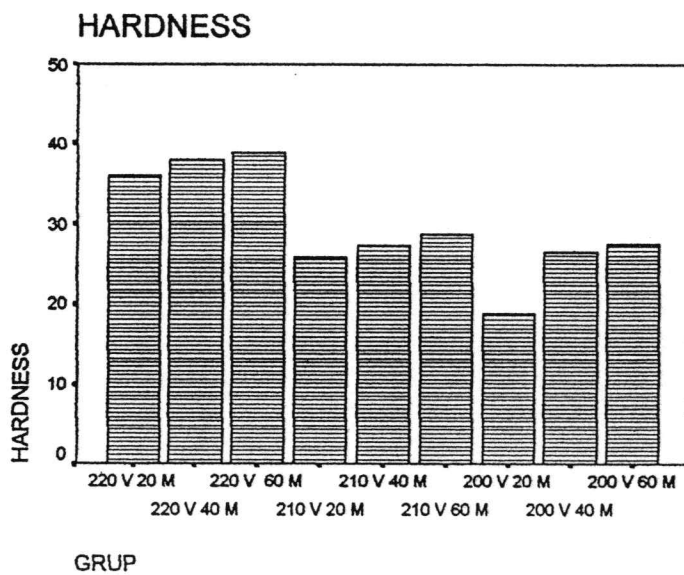
Univariate Tests

Dependent Variable: HARDNESS

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	2763,466	8	345,433	108,308	,000
Error	200,929	63	3,189		

The F tests the effect of GRUP. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

Profile Plots



GAMBAR : RERATA HARDNESS MENURUT GRUP TEGANGAN DAN WAKTU

Lampiran 6 Hasil uji Regresi linier ganda antara dua variabel tegangan listrik dan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin terhadap kekerasan permukaan

Regression

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	WAKTU, TEGANGAN		Enter

- a. All requested variables entered.
b. Dependent Variable: HARDNESS

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,899 ^a	,808	,802	2,8728

- a. Predictors: (Constant), WAKTU, TEGANGAN

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2394,950	2	1197,475	145,099	,000 ^a
	Residual	569,445	69	8,253		
	Total	2964,395	71			

- a. Predictors: (Constant), WAKTU, TEGANGAN
b. Dependent Variable: HARDNESS

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-114,735	8,754		-13,107	,000
	TEGANGAN	,666	,041	,847	16,059	,000
	WAKTU	,118	,021	,300	5,685	,000

- a. Dependent Variable: HARDNESS

Lampiran 7 Hasil uji Anava dua arah antara tegangan listrik dan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin terhadap absorbansi sel

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
VOLT	1,00	220
	2,00	210
	3,00	200
WAKTU	1,00	20
	2,00	40
	3,00	60

Descriptive Statistics

Dependent Variable: ABSORBAN

VOLT	WAKTU	Mean	Std. Deviation	N
220	20	,13413	4.657E-02	8
	40	,11063	1.558E-02	8
	60	,14613	8.310E-02	8
	Total	,13029	5.534E-02	24
210	20	,10257	1.870E-02	7
	40	,10825	2.124E-02	8
	60	,11600	3.259E-02	8
	Total	,10922	2.466E-02	23
200	20	9.91E-02	1.481E-02	8
	40	,10713	1.982E-02	8
	60	,10771	1.957E-02	7
	Total	,10452	1.776E-02	23
Total	20	,11235	3.349E-02	23
	40	,10867	1.825E-02	24
	60	,12396	5.408E-02	23
	Total	,11490	3.800E-02	70

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ABSORBAN

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1,517E-02 ^a	8	1,896E-03	1,369	,228
Intercept	,917	1	,917	662,054	,000
VOLT	8,904E-03	2	4,452E-03	3,214	,047
WAK	2,733E-03	2	1,366E-03	,986	,379
VOLT * WAK	3,442E-03	4	8,606E-04	,621	,649
Error	8,449E-02	61	1,385E-03		
Total	1,024	70			
Corrected Total	9,965E-02	69			

2. WAKTU

Estimates

Dependent Variable: ABSORBAN

WAKTU	Mean	Std. Error
20	,112	,008
40	,109	,008
60	,123	,008

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: ABSORBAN

(I) WAKTU	(J) WAKTU	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a
20	40	3,274E-03	,011	,764
	60	-1,134E-02	,011	,307
40	20	-3,274E-03	,011	,764
	60	-1,461E-02	,011	,184
60	20	1,134E-02	,011	,307
	40	1,461E-02	,011	,184

Based on estimated marginal means

- a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Univariate Tests

Dependent Variable: ABSORBAN

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	2,733E-03	2	1,366E-03	,986	,379
Error	8,449E-02	61	1,385E-03		

The F tests the effect of WAKTU. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

Estimated Marginal Means

1. VOLT

Estimates

Dependent Variable: ABSORBAN

VOLT	Mean	Std. Error
220	,130	,008
210	,109	,008
200	,105	,008

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: ABSORBAN

(I) VOLT	(J) VOLT	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a
220	210	2,135E-02	,011	,054
	200	2,564E-02	,011	,022
210	200	4,286E-03	,011	,698

Based on estimated marginal means

- a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Univariate Tests

Dependent Variable: ABSORBAN

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	8,904E-03	2	4,452E-03	3,214	,047
Error	8,449E-02	61	1,385E-03		

The F tests the effect of VOLT. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

3. VOLT * WAKTU

Dependent Variable: ABSORBAN

VOLT	WAKTU	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
				Lower Bound	Upper Bound
220	20	,134	,013	,108	,160
	40	,111	,013	8,431E-02	,137
	60	,146	,013	,120	,172
210	20	,103	,014	7,444E-02	,131
	40	,108	,013	8,194E-02	,135
	60	,116	,013	8,969E-02	,142
200	20	9,913E-02	,013	7,281E-02	,125
	40	,107	,013	8,081E-02	,133
	60	,108	,014	7,959E-02	,136

**Lampiran 8 Hasil uji Anava satu arah antar kelompok perlakuan terhadap
absorbansi sel**

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

	Value Label	N	
GRUP	1,00	220 V 20 D	8
	2,00	220 V 40 D	8
	3,00	220 V 60 D	8
	4,00	210 V 20 D	7
	5,00	210 V 40 D	8
	6,00	210 V 60 D	8
	7,00	200 V 20 D	8
	8,00	200 V 40 D	8
	9,00	200 V 60 D	7
	10,00	KONTROL	7

Descriptive Statistics

Dependent Variable: ABSORBAN

GRUP	Mean	Std. Deviation	N
220 V 20 D	,13413	4.657E-02	8
220 V 40 D	,11063	1.558E-02	8
220 V 60 D	,14613	8.310E-02	8
210 V 20 D	,10257	1.870E-02	7
210 V 40 D	,10825	2.124E-02	8
210 V 60 D	,11600	3.259E-02	8
200 V 20 D	9.91E-02	1.481E-02	8
200 V 40 D	,10713	1.982E-02	8
200 V 60 D	,10771	1.957E-02	7
KONTROL	,14929	3.881E-02	7
Total	,11803	3.910E-02	77

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ABSORBAN

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2,269E-02 ^a	9	2,521E-03	1,806	,083
Intercept	1,070	1	1,070	766,443	,000
GRP	2,269E-02	9	2,521E-03	1,806	,083
Error	9,352E-02	67	1,396E-03		
Total	1,189	77			
Corrected Total	,116	76			

a. R Squared = ,195 (Adjusted R Squared = ,087)

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

	Value Label	N	
GRUP	1,00	220 V 20 D	8
	2,00	220 V 40 D	8
	3,00	220 V 60 D	8
	4,00	210 V 20 D	7
	5,00	210 V 40 D	8
	6,00	210 V 60 D	8
	7,00	200 V 20 D	8
	8,00	200 V 40 D	8
	9,00	200 V 60 D	7
	10,00	KONTROL	7
	11,00	KON MEDIA	8

Descriptive Statistics

Dependent Variable: ABSORBAN

GRUP	Mean	Std. Deviation	N
220 V 20 D	,13413	4.657E-02	8
220 V 40 D	,11063	1.558E-02	8
220 V 60 D	,14613	8.310E-02	8
210 V 20 D	,10257	1.870E-02	7
210 V 40 D	,10825	2.124E-02	8
210 V 60 D	,11600	3.259E-02	8
200 V 20 D	9.91E-02	1.481E-02	8
200 V 40 D	,10713	1.982E-02	8
200 V 60 D	,10771	1.957E-02	7
KONTROL	,14929	3.881E-02	7
KON MEDIA	9.00E-02	1.373E-02	8
Total	,11539	3.830E-02	85

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ABSORBAN

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2,838E-02 ^a	10	2,838E-03	2,215	,026
Intercept	1,131	1	1,131	882,220	,000
GRP	2,838E-02	10	2,838E-03	2,215	,026
Error	9,484E-02	74	1,282E-03		
Total	1,255	85			
Corrected Total	,123	84			

a. R Squared = ,230 (Adjusted R Squared = ,126)

Lampiran 9 Hasil uji LSD antar kelompok perlakuan terhadap absorbansi sel

Estimated Marginal Means GRUP

Estimates

Dependent Variable: ABSORBAN

GRUP	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
220 V 20 D	,134	,013	,108	,160
220 V 40 D	,111	,013	8,426E-02	,137
220 V 60 D	,146	,013	,120	,172
210 V 20 D	,103	,014	7,439E-02	,131
210 V 40 D	,108	,013	8,188E-02	,135
210 V 60 D	,116	,013	8,963E-02	,142
200 V 20 D	9,912E-02	,013	7,276E-02	,125
200 V 40 D	,107	,013	8,076E-02	,133
200 V 60 D	,108	,014	7,953E-02	,136
KONTROL	,149	,014	,121	,177

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: ABSORBAN

(I) GRUP	(J) GRUP	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a
220 V 20 D	220 V 40 D	2,350E-02	,019	,213
	220 V 60 D	-1,200E-02	,019	,523
	210 V 20 D	3,155E-02	,019	,107
	210 V 40 D	2,588E-02	,019	,171
	210 V 60 D	1,813E-02	,019	,335
	200 V 20 D	3,500E-02	,019	,065
	200 V 40 D	2,700E-02	,019	,153
	200 V 60 D	2,641E-02	,019	,177
	KONTROL	-1,516E-02	,019	,436
220 V 40 D	220 V 60 D	-3,550E-02	,019	,062
	210 V 20 D	8,054E-03	,019	,678
	210 V 40 D	2,375E-03	,019	,899
	210 V 60 D	-5,375E-03	,019	,774
	200 V 20 D	1,150E-02	,019	,540
	200 V 40 D	3,500E-03	,019	,852
	200 V 60 D	2,911E-03	,019	,881
	KONTROL	-3,866E-02	,019	,050
220 V 60 D	210 V 20 D	4,355E-02	,019	,028
	210 V 40 D	3,788E-02	,019	,047
	210 V 60 D	3,013E-02	,019	,112
	200 V 20 D	4,700E-02	,019	,014
	200 V 40 D	3,900E-02	,019	,041
	200 V 60 D	3,841E-02	,019	,051
	KONTROL	-3,161E-03	,019	,871
210 V 20 D	210 V 40 D	-5,679E-03	,019	,770
	210 V 60 D	-1,343E-02	,019	,490
	200 V 20 D	3,446E-03	,019	,859
	200 V 40 D	-4,554E-03	,019	,815
	200 V 60 D	-5,143E-03	,020	,798
	KONTROL	-4,671E-02	,020	,022
210 V 40 D	210 V 60 D	-7,750E-03	,019	,680
	200 V 20 D	9,125E-03	,019	,627
	200 V 40 D	1,125E-03	,019	,952
	200 V 60 D	5,357E-04	,019	,978
	KONTROL	-4,104E-02	,019	,038

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: ABSORBAN

(I) GRUP	(J) GRUP	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a
210 V 60 D	200 V 20 D	1,688E-02	,019	,370
	200 V 40 D	8,875E-03	,019	,636
	200 V 60 D	8,286E-03	,019	,670
	KONTROL	-3,329E-02	,019	,090
200 V 20 D	200 V 40 D	-8,000E-03	,019	,670
	200 V 60 D	-8,589E-03	,019	,658
	KONTROL	-5,016E-02	,019	,012
200 V 40 D	200 V 60 D	-5,893E-04	,019	,976
	KONTROL	-4,216E-02	,019	,033
200 V 60 D	KONTROL	-4,157E-02	,020	,041

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

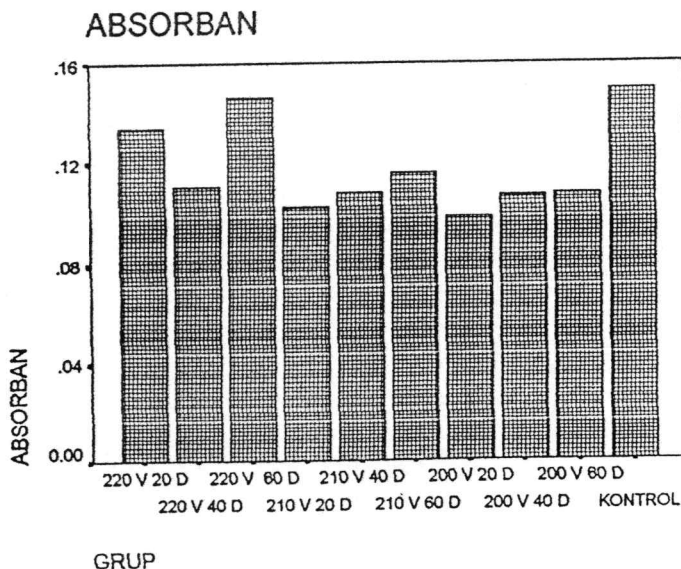
Univariate Tests

Dependent Variable: ABSORBAN

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	2,269E-02	9	2,521E-03	1,806	,083
Error	9,352E-02	67	1,396E-03		

The F tests the effect of GRUP. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

Profile Plots



GAMBAR : RERATA ABSORBANS MENURUT GRUP TEGANGAN DAN WAKTU

Estimated Marginal Means GRUP

Estimates

Dependent Variable: ABSORBAN

GRUP	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
220 V 20 D	,134	,013	,109	,159
220 V 40 D	,111	,013	8,540E-02	,136
220 V 60 D	,146	,013	,121	,171
210 V 20 D	,103	,014	7,561E-02	,130
210 V 40 D	,108	,013	8,303E-02	,133
210 V 60 D	,116	,013	9,078E-02	,141
200 V 20 D	9,912E-02	,013	7,390E-02	,124
200 V 40 D	,107	,013	8,190E-02	,132
200 V 60 D	,108	,014	8,075E-02	,135
KONTROL	,149	,014	,122	,176
KON MEDIA	9,000E-02	,013	6,478E-02	,115

Pairwise Comparisons

Dependent Variable: ABSORBAN

(I) GRUP	(J) GRUP	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a
KON MEDIA	220 V 20 D	-4,413E-02	,018	,016
	220 V 40 D	-2,063E-02	,018	,253
	220 V 60 D	-5,613E-02	,018	,002
	210 V 20 D	-1,257E-02	,019	,500
	210 V 40 D	-1,825E-02	,018	,311
	210 V 60 D	-2,600E-02	,018	,151
	200 V 20 D	-9,125E-03	,018	,612
	200 V 40 D	-1,713E-02	,018	,342
	200 V 60 D	-1,771E-02	,019	,342
	KONTROL	-5,929E-02	,019	,002

Based on estimated marginal means

- a. Adjustment for multiple comparisons: Least Significant Difference (equivalent to no adjustments).

Univariate Tests

Dependent Variable: ABSORBAN

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Contrast	2,838E-02	10	2,838E-03	2,215	,026
Error	9,484E-02	74	1,282E-03		

The F tests the effect of GRUP. This test is based on the linearly independent pairwise comparisons among the estimated marginal means.

TESIS

Pengaruh Tegangan Listrik Dan Lama Penyinaran Pada Semen Ionomer Gelas Modifikasi Resin Terhadap Kekerasan Permukaan Dan Sitotoksitas: Penelitian Eksperimental Laboratoris

Titien Hary Agustantina

Lampiran 10 Hasil uji Regresi linier ganda antara dua variabel tegangan listrik dan lama penyinaran semen ionomer gelas modifikasi resin terhadap absorbansi sel

Regression

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	WAKTU, TEGANGAN		Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: ABSORBAN

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,305 ^a	,093	,066	3.67E-02

a. Predictors: (Constant), WAKTU, TEGANGAN

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	9,274E-03	2	4,637E-03	3,438	,038 ^a
	Residual	9,038E-02	67	1,349E-03		
	Total	9,965E-02	69			

a. Predictors: (Constant), WAKTU, TEGANGAN

b. Dependent Variable: ABSORBAN

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-,166	,113		-1,466	,147
	TEGANGAN	1,282E-03	,001	,278	2,393	,020
	WAKTU	2,763E-04	,000	,119	1,020	,311

a. Dependent Variable: ABSORBAN