

LAMPIRAN A

PERSAMAAN GELOMBANG REKONSTRUKSI HOLOGRAM REFLEKSI

Pada rekonstruksi hologram refleksi digunakan cahaya putih sedangkan sensitivitas panjang gelombang type hologram ini sangat tinggi.

Diberikan gelombang obyek $O_o(x, y, z) e^{i\varphi_o(x, y, z)}$ dan gelombang acuan $R_o(x, y, z) e^{i\varphi_R(x, y, z)}$. Total medan dalam volume dari media perekam adalah

$$H(x, y, z) = O_o e^{i\varphi_o} + R_o e^{i\varphi_R} \quad (A. 1)$$

Resultanradiasi penyinaran dari pola gelombang datar adalah

$$|H|^2 = O_o^2 + R_o^2 + 2 O_o R_o \cos(\varphi_o - \varphi_R) \quad (A. 2)$$

Frinji-frinji merupakan loci dari konstanta beda fase

$$\delta = \varphi_o - \varphi_R \quad (A. 3)$$

Jadi suatu frinji dapat dituliskan

$$|H|^2 = O_o^2 + R_o^2 + 2 O_o R_o \cos \delta \quad (A. 4)$$

Pada media perekam, resultan sinyal yang terekam D sebanding dengan $|H|^2$:

$$D = \chi |H|^2 \quad (\text{A. 5})$$

Konstanta dielektrikum ϵ terkait dengan D. Untuk D kecil, ekspansi $\epsilon(D)$ dalam suatu deret

$$\begin{aligned} \epsilon(D) &= \epsilon|_{D=0} + D \frac{\partial\epsilon}{\partial D}|_{D=0} + \dots \\ &= \epsilon_0 + \gamma D \end{aligned} \quad (\text{A.5a})$$

dimana $\epsilon|_{D=0}$ adalah konstanta dielektrikum media perekam yang tidak tersinari. Substitusi persamaan (A. 4) ke dalam persamaan (A. 5) kemudian hasilnya disubstitusikan kembali ke dalam persamaan (A.5a) didapatkan persamaan dielektrikum

$$\epsilon = \epsilon_0 + \gamma \chi [O_o^2 + R_o^2 + 2 O_o R_o \cos \delta] \quad (\text{A. 6})$$

Selanjutnya lapisan tipis tak berhingga yang menyelubungi permukaan isofase yang dinyatakan dengan $\delta = \text{konstan}$ dipisahkan dengan permukaan isofase yang dinyatakan dengan $\delta + d\delta = \text{konstan}$. Permukaan semacam ini dapat dianggap sebagai antar-muka antara dua media dimana $d\epsilon$ sama dengan beda konstanta dielektrikum antara media-media tersebut. Antar-muka ini akan berlaku sebagai permukaan cermin. Koefisien refleksi amplitudo dituliskan sebagai

$$dr = \frac{\sqrt{(\epsilon + d\epsilon)/\epsilon} - 1}{\sqrt{(\epsilon + d\epsilon)/\epsilon} + 1} \quad (\text{A. 7})$$

dan dengan menggunakan ekspansi binomial untuk akar kuadrat didapatkan

$$dr \cong \frac{d\epsilon}{4\epsilon} \quad (\text{A. 8})$$

dengan $d\epsilon = 2\gamma\chi R_o \sin \delta d\delta$. Dari sini dapat dituliskan reflektansi amplitudo dari lapisan ini

$$dr = C O_o \sin \delta d\delta \quad (\text{A. 9})$$

dimana

$$C = \frac{\gamma\chi R_o}{2\epsilon} \quad (\text{A. 10})$$

Amplitudo yang direfleksikan dari lapisan ini sebanding dengan amplitudo cahaya yang dihamburkan obyek. Kemudian akan dijelaskan bagaimana seberkas cahaya berinteraksi dengan lapisan ini. Suatu berkas cahaya yang identik dengan berkas acuan ($R_o e^{i\phi R}$) datang pada hologram. Menurut Denisyuk, densitas lemah dari bayangan dalam media perekam dan menentukan bentuk radiasi yang direfleksikan dari masing-masing individual lapisan isofase, agar selanjutnya mengkombinasikan nya untuk menentukan bentuk radiasi yang direfleksikan seluruh hologram. Penggandaan gelombang datang

$R_o e^{i\varphi_R}$ dengan reflektansi amplitudo dr, dapat ditentukan amplitudo gelombang pada permukaan lapisan :

$$d\psi = C R_o e^{i\varphi_R} O_o \sin \delta d\delta \quad (A.11)$$

Tetapi persamaan (A. 3), $\varphi_R = \varphi_o - \delta$ pada permukaan isofase, maka

$$d\psi = (C R_o \sin \delta d\delta e^{-i\delta}) O_o e^{i\varphi_o} \quad (A.12)$$

Gelombang yang direfleksikan dari lapisan isofase identik dengan gelombang obyek asli kecuali untuk pengganda konstanta dalam persamaan (A.12) diatas. Pengamat melihat gelombang ini akan kelihatan bayangan virtual tiga dimensional dari obyeknya.

Dengan perhitungan gelombang yang direfleksikan oleh seluruh lapisan isofase dasar, memungkinkan untuk menunjukkan bahwa hologram type ini juga menghasilkan komposisi spektral dari gelombang obyek. Demikian sehingga obyek dapat direkonstruksi jika hologram disinari dengan cahaya putih. Untuk menunjukkan hal ini, gelombang yang menyinari dituliskan sebagai

$$\int_0^{\infty} R(k') e^{ik' \mathcal{L}(r)} dk' \quad (A.13)$$

dimana $\mathcal{L}(r)$ menunjukkan jejak optik cahaya dan sesuai dengan persamaan eikonel

$$[\nabla \mathcal{L}(r)]^2 = n^2(r) \quad (A.14)$$

dan r adalah vektor posisi.

Substitusi persamaan (A.14) ke dalam persamaan (A.12) pada letak $R_o e^{i\varphi_R}$ didapatkan

$$d\psi = C O_o \sin \delta d\delta \int_0^\infty R(k') e^{ik' \mathcal{L}(r)} dk' \quad (A.15)$$

tetapi

$$\delta = \varphi_o - \varphi_R = k \mathcal{L}_o(r) - k \mathcal{L}(r) = k \rho \quad (A.16)$$

dimana $\mathcal{L}_o(r)$ menunjukkan jejak optik berkas obyek dan $\mathcal{L}(r)$ untuk berkas acuan. Dianggap berkas penyinaran (persamaan A.13) menuruti jejak yang sama sebagai berkas acuan. Kuantitas ρ adalah beda jejak optik antara dua berkas, dan $k = 2\pi/\lambda$. Dengan menggunakan persamaan (A.16) dapat dituliskan :

$$d\psi = k C O_o \sin \rho d\rho \int_0^\infty R(k') e^{ik \mathcal{L}_o(r)} e^{-ik \rho} dk' \quad (A.17)$$

Perhitungan kontribusi dari masing-masing lapisan isofase diantara lapisan-lapisan ditunjukkan oleh ρ_1 dan ρ_2 (penjumlahan refleksi yang kuat), gelombang yang direfleksikan menjadi

$$\psi = k C O_o \int_{\rho_2}^{\rho_1} \frac{e^{ik\rho} - e^{-ik\rho}}{z_i} d\rho \int_0^\infty R(k') e^{ik \mathcal{L}_o(r)} e^{-ik \rho} dk' \dots \quad (A.18)$$

Dengan mengubah batas integrasi, persamaan ini menjadi

$$\psi = \frac{-ikC_0}{2} \int_{-\infty}^{\infty} R(k') e^{ik' \mathcal{L}_0(r)} dk' \int_{\rho_1}^{\rho_2} \{e^{i\rho_2(k-k')} - e^{-i\rho_1(k+k')} \} dk' \quad \dots \dots \text{(A.19)}$$

$$\psi = \frac{-ikC_0}{2} \int_{-\infty}^{\infty} R(k') e^{ik' \mathcal{L}_0(r)} \{ \delta_1(k+k') - \delta_2(k-k') \} dk' \quad \text{(A.20)}$$

$$\text{dimana } \delta_1(k-k') = \frac{e^{i\rho_2(k-k')} - e^{i\rho_1(k-k')}}{i(k-k')} \quad \text{(A.20)}$$

yang dapat dituliskan

$$\delta_1(k-k') = \frac{2e^{(i/2)(\rho_1+\rho_2)(k-k')}}{k-k'} \sin \left[\frac{(\rho_2-\rho_1)(k-k')}{2} \right] \quad \dots \dots \text{(A.21)}$$

Fungsi $\delta_1(k+k')$ dan $\delta_1(k-k')$ mempunyai sifat-sifat fungsi *delta dirac*. Fungsi $\delta_1(k-k')$ maksimum untuk $k=k'$ dimana diasumsikan harga $\rho_2-\rho_1$. Demikian juga $\delta_1(k+k')$ maksimum untuk $k=-k'$. Perluasan dari fungsi ini diberikan dengan :

$$\Delta k = \frac{2\pi}{\rho_2-\rho_1} \quad \text{(A.22)}$$

Ketebalan hologram dianggap lebih besar daripada panjang gelombang sehingga $\rho_2-\rho_1 \gg 1/k$, dan fungsi delta dapat digantikan pulsa-pulsa rektangular dari lebar Δk dan tinggi $\rho_2-\rho_1$. Akhirnya didapatkan

$$\psi(r) = \frac{-ikC_0(r)}{2} [\rho_2-\rho_1] \int_{k-\Delta k/2}^{k+\Delta k/2} R(k') e^{ik' \mathcal{L}_0(r)} dk' \quad \text{(A.23)}$$

LAMPIRAN B

KARAKTERISTIK MEDIA PEREKAM PRODUKSI EASTMAN KODAK
DAN AGFA GEVAERT UNTUK $\lambda = 632,8 \text{ nm}$

Product (plate)	Exposure to achieve $D = 1,0$ erg/cm^2	Resolving Power (TOC) 1000:1	Granu- larity $D = 1,0$ $48 \mu\text{m}$	cont- rast γ	emulsi- thick- ness μm
Kodak					
Spectroscopic 649F	900	2000+	<5	5	17
Holographic 120-02, SO 173	400	2000+	<5	5	6
Special plate 125-02, SO 424	-	1250	<5	4	7
Highspeed Holo-plat 131, SO 253	5-8	1250	<5	7	9
Technical Pan Film 2415	0,4	320	8	1-3	7,5
Agfa					
8E56HD-AH	-	2500+	-	4	7
8E75HD-NAH	150	2500+	-	3	7
10E56-NAH	-	1500+	-	7	7
10E75-NAH	20	1500+	-	4	7

LAMPIRAN C
BAHAN DEVELOPER DAN FIXER

Dalam pembuatan hologram refleksi ini, bahan developer dan fixer, menggunakan bahan-bahan yang tersedia di pasaran yaitu bahan developer dan fixer untuk film hitam putih, sebagai ganti bahan developer dan fixer rujukan.

1. Pembuatan larutan developing

Digunakan developer *mikro MF* hanya lebih dipekatkan 20 %.

- Bungkus kecil mikro MF dimasukkan kedalam 400 ml air dengan suhu 40 °C, diaduk hingga rata
- Kemudian secara perlahan-lahan dimasukkan bungkus yang besar yaitu potassium hingga melarut sempurna
- Sambil terus diaduk, air ditambahkan kedalam larutan sehingga volume larutan menjadi 800 ml

2. Pembuatan larutan fixing

Untuk membuat larutan fixing digunakan bahan *Profix*.

- Profix dimasukkan ke dalam air 600 ml dengan suhu 32°C diaduk hingga larut sempurna
- Kemudian secara perlahan-lahan dimasukkan air kedalam larutan, sambil terus diaduk, hingga volume larutan menjadi 800 ml

Larutan Developing dan larutan Fixing siap digunakan dalam jangkau suhu 18 - 21 °C.

LAMPIRAN D

TABEL KONVERSI DENSITAS KE TRANSMISI

$$C \cdot T = 10^{-D/2}$$

D	T(%)	D	T(%)	D	T(%)
0.02	0.977	1.02	0.309	2.02	0.098
0.04	0.955	1.04	0.302	2.04	0.095
0.06	0.933	1.06	0.295	2.06	0.093
0.08	0.912	1.08	0.288	2.08	0.091
0.10	0.891	1.10	0.282	2.10	0.089
0.12	0.871	1.12	0.275	2.12	0.087
0.14	0.851	1.14	0.269	2.14	0.085
0.16	0.832	1.16	0.263	2.16	0.083
0.18	0.813	1.18	0.257	2.18	0.081
0.20	0.794	1.20	0.251	2.20	0.079
0.22	0.776	1.22	0.245	2.22	0.078
0.24	0.759	1.24	0.240	2.24	0.076
0.26	0.741	1.26	0.234	2.26	0.074
0.28	0.724	1.28	0.229	2.28	0.072
0.30	0.708	1.30	0.224	2.30	0.071
0.32	0.692	1.32	0.219	2.32	0.069
0.34	0.676	1.34	0.214	2.34	0.068
0.36	0.661	1.36	0.209	2.36	0.066
0.38	0.646	1.38	0.204	2.38	0.065
0.40	0.631	1.40	0.200	2.40	0.063
0.42	0.617	1.42	0.195	2.42	0.062
0.44	0.603	1.44	0.191	2.44	0.060
0.46	0.589	1.46	0.186	2.46	0.059
0.48	0.575	1.48	0.182	2.48	0.058
0.50	0.562	1.50	0.178	2.50	0.056
0.52	0.550	1.52	0.174	2.52	0.055
0.54	0.537	1.54	0.170	2.54	0.054
0.56	0.525	1.56	0.166	2.56	0.052
0.58	0.513	1.58	0.162	2.58	0.051
0.60	0.501	1.60	0.158	2.60	0.050
0.62	0.490	1.62	0.154	2.62	0.049
0.64	0.479	1.64	0.151	2.64	0.048
0.66	0.468	1.66	0.148	2.66	0.047
0.68	0.457	1.68	0.145	2.68	0.046
0.70	0.447	1.70	0.141	2.70	0.045
0.72	0.437	1.72	0.138	2.72	0.044
0.74	0.427	1.74	0.135	2.74	0.043
0.76	0.417	1.76	0.132	2.76	0.042
0.78	0.407	1.78	0.129	2.78	0.041
0.80	0.398	1.80	0.126	2.80	0.040
0.82	0.389	1.82	0.123	2.82	0.039
0.84	0.380	1.84	0.120	2.84	0.038
0.86	0.372	1.86	0.117	2.86	0.037
0.88	0.363	1.88	0.115	2.88	0.036
0.90	0.355	1.90	0.112	2.90	0.035
0.92	0.347	1.92	0.110	2.92	0.035
0.94	0.339	1.94	0.107	2.94	0.034
0.96	0.331	1.96	0.105	2.96	0.033
0.98	0.324	1.98	0.102	2.98	0.032
1.00	0.316	2.00	0.100	3.00	0.032

LAMPIRAN E



Foto sistem pembuatan holografi di lab. Holografi
PPNY-BATAN Yogyakarta

