

simulasi numerik, titik setimbang E^* cenderung stabil asimtotis jika

$$R_0 > 1 \text{ dengan } R_0 = \frac{q_1 \beta_1^2 K_2}{\alpha_1 \beta_1 K_2 q_2 - \alpha_1 d_1 q_2}.$$

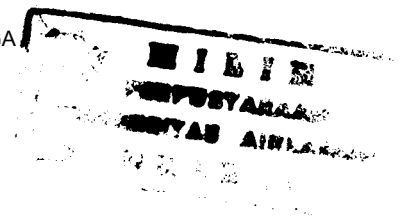
2. Bentuk kontrol optimal untuk model matematika pertumbuhan kanker dengan kemoterapi adalah

$$u^* = \min \left(1, \max \left(0, \frac{\theta_1 b_1 + \theta_2 b_2 + \theta_3 b_3}{\gamma} \right) \right).$$

3. Pada simulasi numerik terlihat bahwa terlihat bahwa pertumbuhan sel kanker setelah diberi pengontrol jauh lebih lambat daripada sebelum diberi pengontrol, namun di akhir pengamatan akan terjadi pertumbuhan sel kanker. Oleh karena itu diperlukan adanya terapi tambahan atau terapi kombinasi agar dapat menurunkan jumlah sel kanker dalam waktu yang cepat.

5.2 Saran

Sebaiknya pada penelitian selanjutnya ditambahkan pengontrol lain, karena meskipun dengan adanya kontrol berupa usaha kemoterapi namun di akhir pengamatan terjadi peningkatan sel kanker. Pengontrol lain yang dimaksud misalkan terapi tambahan atau terapi kombinasi terhadap sel kanker. Dengan demikian dapat diketahui pengontrol yang paling efektif untuk mengurangi pertumbuhan sel kanker.



DAFTAR PUSTAKA

- Anton, H., 2005, *Aljabar Linier Elementer*, Erlangga: Jakarta.
- American Cancer Society(1), 2015, *Cancer facts & figures 2015*, Atlanta: American Cancer Society.
- American Cancer Society(2), 2015, *Nasopharyngeal cancer*, Atlanta: American Cancer Society.
- Balmer, C.M., Valley, A.M., dan Lanucci, A., 2005, *Cancer Treatment and Chemotherapy in Pharmacotherapy: A Pathophysiologic Approach, Sixth Edition*, The Mc Grow-Hill Companies: New York.
- Banerjee, S., dan Sarkar, R.R., 2008, Delay-induced model for tumor-immune interaction and control of malignant tumor growth, *BioSystems* 91: 268–288.
- Borges, F.S., Larosz, K.C., Ren, H.P., Batista, A.M., Baptista, M.S., Viana, R.L., Lopes, S.R., dan Grebogi, C., 2014, Model for tumour growth with treatment by continuous and pulsed chemotherapy, *BioSystems* 116: 43– 48.
- Brauer, F., dan Chaves, C.C., 2012, *Mathematical Models in Population Biology and Epidemiology Second Edition*, Springer: New York.
- Bronson, R., dan Costa, G.B., 2007, *Differential equations*, The Mc Grow-Hill Companies: New York.

Depkes, 2015, *Situasi Penyakit Kanker*, available from <http://www.depkes.go.id/resources/download/pusdatin/buletin/buletin-kanker.pdf> (Diakses tanggal 30 mei 2015).

Globocan, 2012, *Estimated Incidence, Mortality and Prevalence Worldwide in 2012*, available from http://globocan.iarc.fr/Pages/fact_sheets_cancer.aspx (Diakses tanggal 4 Juni 2015)

Lewis, F.I., dan Syrmos, V.L., 2006, *Optimal Control*, Willy Interscience: Canada.

Liu, D., Ruan, S., dan Zhu, D., 2012, Stable periodic oscillations in a two-stage cancer model of tumor and immune system interactions, *Mathematical Biosciences and Engineering* 9 (2) : 347–368.

Lodish, H., Baltimore, D., Berk, A., Zipursky, S.L., Matsudaira, P., dan Darnell, J., 1995, *Molecular cell biology*, Scientific American Books, Inc. New York.

Macdonald, F., Ford, C.H.J., dan Casson, A.G., 2005, *Molecular Biology of Cancer, Second Edition*, Garland Science/BIOs Scientific Publisher: London.

Merkin, D. R., 1997, *Introduction to The Theory of Stability*, Springer: New York.

Naidu, D. S., 2002, *Optimal Control Systems*, CRC Press : New York.

Older, G. J., 2003, *Mathematical System Theory, second edition*, Delft University Press: Netherland.

Sukardja, I.D.G., 1996, *Onkologi Klinik*, Airlangga University Press: Surabaya.

World Health Organization (WHO), *Cancer mortality and morbidity*, <https://www.who.int/en/>, (Diakses pada tanggal 1 September 2015)

Zill, D.G., dan Cullen, M.R., 2009, *Differential Equation With Boundary-Value Problem, seventh edition*, Nelson Education Ltd: Canada.