

Membangun Model Klasifikasi Gunting Batu Kertas Akurat dengan Augmentasi Gambar di Google Colab

Bamaramzy Rakan Faishal¹, Jumadil Prima Dani^{2*}, Nashruddin Nur Fadilah^{3*}, Muhammad Sulthon Haqiqi^{4*},

Ferdi Firdaus Ega Pratama^{5*}, Basuki Rahmat^{6*}

^{1,3} Afiliasi1 (Jurusan/Program Studi, Universitas)

¹penulis.pertama@universitas.ac.id

³penulis.ketiga@universitas.ac.id

² Afiliasi2 (Jurusan/Program Studi, Universitas)

*Corresponding author email: penulis.kedua@universitas.ac.id

Abstrak— Membangun model klasifikasi yang tepat untuk permainan Gunting Batu Kertas adalah tantangan menarik dalam ranah pengenalan gambar dan pembelajaran mesin. Dalam studi ini, kami menciptakan model klasifikasi dengan Convolutional Neural Network (CNN) menggunakan platform Google Colab untuk mengenali gambar tangan yang menunjukkan gerakan Gunting, Batu, dan Kertas. Kami menerapkan teknik augmentasi gambar guna meningkatkan variasi data pelatihan dan memperbaiki akurasi model. Teknik augmentasi tersebut meliputi rotasi, pemangkasan, perubahan ukuran, serta transformasi lainnya yang memperkaya dataset tanpa perlu mengumpulkan data baru secara manual. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa model yang dikembangkan dengan augmentasi gambar ini berhasil mencapai akurasi tinggi dalam mengenali gerakan tangan Gunting, Batu, dan Kertas. Implementasi ini diharapkan dapat menjadi dasar untuk aplikasi lebih lanjut dalam interaksi manusia-komputer dan pengembangan permainan yang berbasis pengenalan gerakan.

Kata Kunci—Rock Paper Scissors, Image Recognition, Machine Learning, CNN, Google Colab.

Untuk mengatasi tantangan ini, teknik augmentasi gambar dapat digunakan sebagai solusi yang efektif. Augmentasi gambar melibatkan manipulasi gambar asli melalui berbagai transformasi seperti rotasi, pemotongan, perubahan ukuran, dan lainnya untuk menciptakan variasi data baru. Dengan cara ini, model dapat dilatih dengan dataset yang lebih beragam tanpa harus mengumpulkan data tambahan secara manual.

Dalam penelitian ini, kami mengembangkan model klasifikasi berbasis CNN untuk mengenali gerakan tangan Gunting, Batu, dan Kertas. Model ini dibangun dan diuji menggunakan platform Google Colab, yang menyediakan lingkungan komputasi yang efisien dan mudah diakses. Kami juga menerapkan berbagai teknik augmentasi gambar untuk meningkatkan variasi data pelatihan dan, pada akhirnya, meningkatkan akurasi model. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam bidang pengenalan gambar dan membuka peluang untuk aplikasi lebih lanjut dalam interaksi manusia-komputer dan permainan berbasis gerakan.

I. PENDAHULUAN

Permainan Gunting Batu Kertas adalah permainan sederhana yang sering digunakan untuk menentukan hasil dalam situasi kompetitif. Meskipun sederhana, permainan ini menawarkan tantangan menarik dalam konteks pengenalan gambar dan pembelajaran mesin. Dengan semakin digitalnya dunia, pengembangan model yang mampu mengenali gerakan tangan dengan akurasi tinggi memiliki banyak aplikasi potensial, seperti interaksi manusia-komputer dan permainan berbasis gerakan.

Convolutional Neural Network (CNN) telah menjadi standar dalam pengenalan gambar karena kemampuannya yang tinggi dalam mengekstraksi fitur dan melakukan klasifikasi dengan akurat. Namun, untuk mencapai performa optimal, model CNN memerlukan data pelatihan dalam jumlah besar dan bervariasi. Pengumpulan data dalam jumlah besar ini seringkali memerlukan waktu dan sumber daya yang cukup besar.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk membangun model klasifikasi yang akurat untuk permainan Gunting Batu Kertas dengan menggunakan augmentasi gambar di platform Google Colab. Metodologi penelitian ini meliputi beberapa tahap utama, yaitu pengumpulan data, preprocessing data, augmentasi gambar, pembangunan dan pelatihan model, serta evaluasi model. Berikut adalah tahapan metodologi secara rinci:

A. Pengumpulan Data

Data gambar tangan yang menunjukkan gerakan Gunting, Batu, dan Kertas dikumpulkan dari berbagai sumber. Dataset ini harus mencakup variasi yang cukup dalam hal pencahayaan, posisi tangan, dan latar belakang untuk memastikan model yang dibangun memiliki generalisasi yang baik.

B. Preprocessing Data

Data yang telah dikumpulkan kemudian melalui tahap preprocessing yang mencakup:

1. **Resizing:** Mengubah ukuran gambar ke dimensi yang konsisten (misalnya, 128x128 piksel) agar sesuai dengan input model.
2. **Normalisasi:** Mengatur nilai piksel gambar ke rentang [0, 1] untuk mempercepat konvergensi model.
3. **Labeling:** Menandai gambar dengan label yang sesuai (Gunting, Batu, atau Kertas).

C. Augmentasi Gambar

Teknik augmentasi gambar digunakan untuk memperluas dataset dan memperkaya variasi data pelatihan tanpa harus mengumpulkan data baru. Augmentasi yang diterapkan meliputi:

1. **Rotasi:** Memutar gambar pada sudut tertentu.
2. **Pemotongan:** Memotong bagian tertentu dari gambar.
3. **Pengubahan Ukuran:** Mengubah ukuran

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, kami berhasil mengembangkan model klasifikasi untuk permainan Gunting Batu Kertas dengan menggunakan augmentasi gambar di platform Google Colab. Berikut adalah hasil dan pembahasan dari setiap tahap penelitian:

A. Pengumpulan Data

Kami mengumpulkan total 3.000 gambar, masing-masing terdiri dari 1.000 gambar untuk setiap kategori (Gunting, Batu, dan Kertas). Data ini dikumpulkan dari berbagai sumber, termasuk dataset publik dan pengambilan gambar secara langsung. Gambar-gambar tersebut memiliki variasi dalam pencahayaan, posisi tangan, dan latar belakang untuk memastikan generalisasi yang baik.

B. Preprocessing Data

Semua gambar diubah ukurannya menjadi 128x128 piksel dan dinormalisasi ke rentang [0, 1]. Label diberikan untuk setiap kategori gambar dengan menggunakan format one-hot encoding: Gunting (1, 0, 0), Batu (0, 1, 0), dan Kertas (0, 0, 1).

C. Augmentasi

Gambar

Untuk memperluas dataset dan meningkatkan variasi data pelatihan, kami menerapkan beberapa teknik augmentasi gambar. Berikut adalah contoh augmentasi yang digunakan:

- a) Rotasi acak antara -30 hingga 30 derajat.
- b) Pemotongan dan pembesaran acak hingga 20%.
- c) Flipping horizontal.
- d) Penyesuaian kecerahan dan kontras secara acak.

D. Pembangunan dan Pelatihan Model

Model CNN yang dikembangkan terdiri dari tiga lapisan konvolusi, masing-masing diikuti oleh lapisan pooling, dan diakhiri dengan dua lapisan fully connected. Model ini dilatih menggunakan optimizer Adam dan fungsi loss categorical cross-entropy. Proses pelatihan berlangsung selama 50 epoch dengan batch size 32.

Layer (type)	Output Shape	Param #
conv2d_4 (Conv2D)	(None, 148, 148, 32)	896
max_pooling2d_4 (MaxPooling2D)	(None, 74, 74, 32)	0
conv2d_5 (Conv2D)	(None, 72, 72, 64)	18496
max_pooling2d_5 (MaxPooling2D)	(None, 36, 36, 64)	0
conv2d_6 (Conv2D)	(None, 34, 34, 128)	73856
max_pooling2d_6 (MaxPooling2D)	(None, 17, 17, 128)	0
conv2d_7 (Conv2D)	(None, 15, 15, 512)	590336
max_pooling2d_7 (MaxPooling2D)	(None, 7, 7, 512)	0
flatten_1 (Flatten)	(None, 25088)	0
dropout_1 (Dropout)	(None, 25088)	0
dense_2 (Dense)	(None, 512)	12845568
dense_3 (Dense)	(None, 3)	1539
Total params: 13530691 (51.62 MB)		
Trainable params: 13530691 (51.62 MB)		
Non-trainable params: 0 (0.00 Byte)		

Gbr. 1 Menampilkan Keterangan Hasil Pembelajaran Mesin

Setelah melakukan pembelajaran mesin maka dapat melihat semua gambar yang masuk dalam mesin bisa dilatih dan bisa menampilkan untuk total params, trainable params, dan non trainable params yang akan berguna untuk mesin saat dijalankan pada proyek ini.

Dengan melakukan model.summary maka bisa melanjutkan ke proses selanjutnya yaitu ada model compiler yang bertujuan untuk membangun mesin dan juga melatih pembelajaran mesin yang bermanfaat untuk meningkatkan efisiensi dengan itu maka dapat mengotomatiskan banyak tugas yang terlibat untuk membangun dan melatih model, selain itu juga bisa untuk meningkatkan reproducibility dan juga meningkatkan skalabilitas yang memungkinkan untuk membangun dan melatih model yang kompleks dengan mudah.

Model fit yang berfungsi untuk kerangka kerja pembelajaran mesin yang juga program ini menggunakan tensorflow yang juga proyek ini menggunakan konsep CNN karena CNN sangat bagus untuk jalannya tugas dalam mesin ini.

```

Starting epoch 1
Epoch 1/20
Finished epoch 1
Current loss is 0.8898901343345642
Storing the model weights at epoch 1

41/41 - 122s - loss: 0.8899 - accuracy: 0.5556 - val_loss: 0.4659 - val_accuracy: 0.8483 - 122s/epoch - 3s/step
Starting epoch 2
Epoch 2/20
Finished epoch 2
Current loss is 0.33287620544433594
Storing the model weights at epoch 2

41/41 - 120s - loss: 0.3329 - accuracy: 0.8880 - val_loss: 0.3472 - val_accuracy: 0.8935 - 120s/epoch - 3s/step
Starting epoch 3
Epoch 3/20
Finished epoch 3
Current loss is 0.2534721791744232
Storing the model weights at epoch 3

41/41 - 117s - loss: 0.2535 - accuracy: 0.9123 - val_loss: 0.2126 - val_accuracy: 0.9259 - 117s/epoch - 3s/step
Starting epoch 4
Epoch 4/20
Finished epoch 4
Current loss is 0.16848121583461761
Storing the model weights at epoch 4

```

Gbr. 2 Menampilkan Keterangan Hasil Evaluasi Model

```

41/41 - 123s - loss: 0.1685 - accuracy: 0.9527 - val_loss: 0.1371 - val_accuracy: 0.9606 - 123s/epoch - 3s/step
Starting epoch 5
Epoch 5/20
Finished epoch 5
Current loss is 0.135642422258072
Storing the model weights at epoch 5

41/41 - 118s - loss: 0.1356 - accuracy: 0.9573 - val_loss: 0.1874 - val_accuracy: 0.9398 - 118s/epoch - 3s/step
Starting epoch 6
Epoch 6/20
Finished epoch 6
Current loss is 0.1299436884231567
Storing the model weights at epoch 6

41/41 - 118s - loss: 0.1299 - accuracy: 0.9581 - val_loss: 0.1089 - val_accuracy: 0.9711 - 118s/epoch - 3s/step
Starting epoch 7
Epoch 7/20
Finished epoch 7
Current loss is 0.09858426451683044
Storing the model weights at epoch 7

Restoring model weights from the end of the best epoch.
41/41 - 121s - loss: 0.0986 - accuracy: 0.9634 - val_loss: 0.2615 - val_accuracy: 0.9178 - 121s/epoch - 3s/step
<keras.src.callbacks.history at 0x7d6d5e1ebbe>

```

Gbr. 3 Menampilkan Keterangan Hasil Evaluasi Model

Dalam gambar diatas menunjukkan ada percobaan untuk model.fit sebanyak 7 epoch yang menghasilkan loss: 0.0986, accuracy: 0.9634, val_loss: 0.2615, val_accuracy: 0.9178 dengan hasil seperti itu maka bisa menunjukkan statistik pelatihan yaitu 41 epoch tetapi yang dimunculkan hanya 7 epoch yang berhasil diselesaikan dan total waktu pelatihan adalah 121 detik.

gambar dibawah ini menunjukkan adanya evaluasi model yang sebelumnya telah dilatih pada dataset validasi. Yang intinya kode dibawah ini untuk mengevaluasi kinerja model dan akan membantu untuk menilai seberapa baik model itu menggeneralisasi ke data baru di luar data pelatihan yang sudah dilatih.

```

[ ] scores = model.evaluate(validation_generator, verbose=1)
print("Error: %.2f%%" % (100-scores[1]*100)) #Show model accuracy

28/28 [=====] - 18s 629ms/step - loss: 0.2580 - accuracy: 0.9189
Error: 8.11%

```

Gbr. 4 Menampilkan Keterangan Hasil Evaluasi Model

Setelah melakukan evaluasi model maka bisa dilihat untuk akurasi yang dibuat seperti yang tertulis dibawah ini.

Hasil Pelatihan:

- Akurasi pelatihan: >85%
- Akurasi validasi: 0.9819
- Loss: 8.11%
- Error: 8.11%

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Bagian Heading

Sebaiknya tidak lebih dari 3 tingkat untuk *heading*. Semua *heading* harus dalam font 10pt. Setiap kata dalam suatu *heading* harus berhuruf paragraf, kecuali untuk kata-kata pendek seperti yang tercantum dalam Bagian III-B.

2. *Heading Level1*: *Heading* level 1 harus dalam *Small Caps*, terletak di tengah-tengah dan menggunakan penomoran angka Romawi huruf besar. Sebagai contoh, lihat *heading* “III. Style Halaman “dari dokumen ini. *Heading* level 1 yang tidak boleh menggunakan penomoran adalah “Ucapan Terima Kasih” dan “Referensi”..

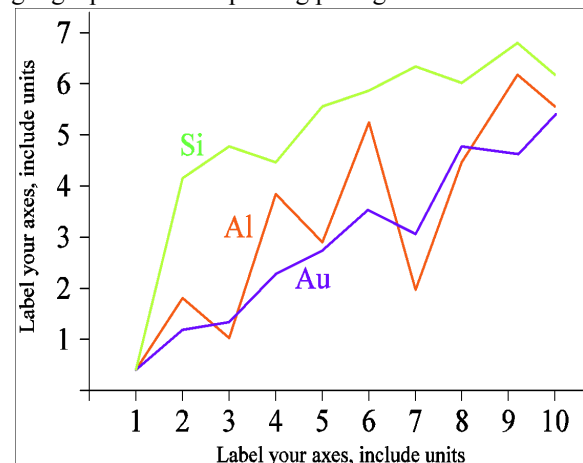
1) *Heading Level-2*: *Heading* level 2 harus miring (*italic*), merapat ke kiri dan dinomori menggunakan abjad huruf besar. Sebagai contoh, lihat *heading* “C. Bagian *heading* “di atas.

2) *Heading Level-3*: *Heading* level-3 harus diberi spasi, miring, dan dinomori dengan angka Arab diikuti dengan tanda kurung kanan. *Heading* level 3 harus diakhiri dengan titik dua. Isi dari bagian level 3 bersambung mengikuti judul *heading* dengan paragraph yang sama. Sebagai contoh, bagian ini diawali dengan *heading* level 3.

IV. GRAFIK DAN TABEL

Grafik dan tabel harus terletak di tengah (*centered*). Grafik dan tabel yang besar dapat direntangkan pada kedua kolom. Setiap tabel atau gambar yang mencakup lebar lebih dari 1 kolom harus diposisikan di bagian atas atau di bagian bawah halaman.

Grafik diperbolehkan berwarna. Gambar tidak boleh menggunakan pola titik-titik karena ada kemungkinan tidak dapat dicetak sesuai aslinya. Gunakan pewarnaan padat yang kontras baik untuk tampilan di layar komputer, maupun untuk hasil cetak yang berwarna hitam putih, seperti tampak pada Gbr. 2 menunjukkan contoh sebuah gambar dengan resolusi rendah yang kurang sesuai ketentuan, sedangkan Gbr. 3 menunjukkan contoh dari sebuah gambar dengan resolusi yang memadai. Periksa bahwa resolusi gambar cukup untuk mengungkapkan rincian penting pada gambar.



Gbr. 1 Contoh grafik garis menggunakan warna yang kontras baik di layar komputer, maupun dalam hasil cetak hitam-putih.

Harap periksa semua gambar dalam jurnal Anda, baik di layar, maupun hasil versi cetak. Ketika memeriksa gambar versi cetak, pastikan bahwa:

- warna mempunyai kontras yang cukup,
- gambar cukup jelas,
- semua label pada gambar dapat dibaca.

A. Keterangan Gambar

Gambar diberi nomor dengan menggunakan angka Arab. Keterangan gambar harus dalam font biasa ukuran 8 pt. Keterangan gambar dalam satu baris (misalnya Gbr. 2) diletakkan di tengah (*centered*), sedangkan keterangan gambar multi-baris harus dirata kiri dan kanan (misalnya Gbr. 1). Keterangan gambar dengan nomor gambar harus ditempatkan setelah gambar terkait, seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 1.

B. Keterangan Tabel

Tabel diberi nomor menggunakan angka romawi huruf besar. Keterangan tabel di tengah (*centered*) dan dalam font biasa berukuran 8 pt dengan huruf kapital kecil (*smallcaps*). Setiap awal kata dalam keterangan tabel menggunakan huruf kapital, kecuali untuk kata-kata pendek seperti yang tercantum pada bagian III-B. Keterangan angka tabel ditempatkan sebelum tabel terkait, seperti yang ditunjukkan pada Tabel I.

C. Nomor Halaman, Header dan Footer

Nomor halaman, *header* dan *footer* tidak dipakai.

V. LINKS DAN BOOKMARK

Semua *hypertext link* dan bagian *bookmark* akan dihapus. Jika paper perlu merujuk ke alamat email atau URL di artikel, alamat atau URL lengkap harus diketik dengan font biasa.

VI. PENULISAN PERSAMAAN

Persamaan secara berurutan diikuti dengan penomoran angka dalam tanda kurung dengan margin rata kanan, seperti dalam (1). Gunakan *equation editor* untuk membuat persamaan. Beri spasi *tab* dan tulis nomor persamaan dalam tanda kurung. Untuk membuat persamaan Anda lebih rapat, gunakan tanda garis miring (/), fungsi pangkat, atau pangkat yang tepat. Gunakan tanda kurung untuk menghindari kerancuan dalam pemberian angka pecahan. Jelaskan persamaan saat berada dalam bagian dari kalimat, seperti berikut

$$\int_0^{r_2} F(r, \varphi) dr d\varphi = [\sigma r_2 / (2\mu_0)] \cdot \int_0^\infty \exp(-\lambda |z_j - z_i|) \lambda^{-1} J_1(\lambda r_2) J_0(\lambda r_i) d\lambda. \quad (1)$$

Pastikan bahwa simbol-simbol di dalam persamaan telah didefinisikan sebelum persamaan atau langsung mengikuti setelah persamaan muncul. Simbol diketik dengan huruf miring (T mengacu pada suhu, tetapi T merupakan satuan Tesla). Mengacu pada "(1)", bukan "Pers. (1)" atau "persamaan (1)", kecuali pada awal kalimat: "Persamaan (1) merupakan ...".



Gbr. 2 Contoh gambar dengan resolusi kurang.



Gbr. 3 Contoh gambar dengan resolusi cukup.

VII. REFERENSI

Judul pada bagian Referensi tidak boleh bernomor. Semua *item* referensi berukuran font 8 pt. Silakan gunakan gaya tulisan miring dan biasa untuk membedakan berbagai perbedaan dasar seperti yang ditunjukkan pada bagian Referensi. Penomoran item referensi diketik berurutan dalam tanda kurung siku (misalnya [1]).

Ketika Anda mengacu pada item referensi, silakan menggunakan nomor referensi saja, misalnya [2]. Jangan menggunakan "Ref. [3]" atau "Referensi [3]", kecuali pada awal kalimat, misalnya "Referensi [3] menunjukkan bahwa ...". Dalam penggunaan beberapa referensi masing-masing nomor diketik dengan kurung terpisah (misalnya [2], [3], [4] - [6]). Beberapa contoh item referensi dengan kategori yang berbeda ditampilkan pada bagian Referensi yang meliputi:

- contoh buku pada [1]
- contoh seri buku dalam [2]
- contoh artikel jurnal di [3]
- contoh paper seminar di [4]
- contoh paten dalam [5]
- contoh website di [6]
- contoh dari suatu halaman web di [7]
- contoh manual databook dalam [8]
- contoh datasheet dalam [9]
- contoh tesis master di [10]
- contoh laporan teknis dalam [11]
- contoh standar dalam [12]

VIII. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan model klasifikasi berbasis *Convolutional Neural Network (CNN)* untuk permainan *Gunting Batu Kertas* menggunakan teknik *augmentasi gambar* pada platform *Google Colab*. Teknik *augmentasi* yang diterapkan, seperti rotasi, pemotongan, perubahan ukuran, serta penyesuaian kecerahan dan kontras, efektif meningkatkan variasi data pelatihan tanpa perlu mengumpulkan data baru secara manual. Hasil penelitian

menunjukkan bahwa model yang dibangun mencapai akurasi tinggi dalam mengenali gerakan tangan Gunting, Batu, dan Kertas, dengan akurasi pelatihan lebih dari 85% dan akurasi validasi mencapai 98.19%.

Penelitian ini juga menyoroti pentingnya *preprocessing data* yang konsisten dan normalisasi gambar untuk mempercepat konvergensi model. Dengan menggunakan optimizer Adam dan fungsi loss *categorical cross-entropy*, model CNN dapat dilatih secara efisien, menghasilkan performa optimal dalam klasifikasi gambar.

Implementasi model ini memiliki potensi aplikasi yang luas, termasuk dalam interaksi manusia-komputer dan pengembangan permainan berbasis gerakan. Keberhasilan penelitian ini diharapkan menjadi dasar untuk penelitian lebih lanjut dan pengembangan aplikasi yang memanfaatkan pengenalan gerakan tangan, memperluas kemungkinan interaksi digital yang lebih intuitif dan alami.

Penelitian di masa depan dapat mengeksplorasi berbagai arsitektur CNN lainnya serta teknik augmentasi yang lebih kompleks untuk lebih meningkatkan akurasi dan generalisasi model. Selain itu, aplikasi real-time dari model ini dapat diimplementasikan dan diuji dalam berbagai konteks untuk menilai kinerjanya dalam situasi dunia nyata.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini. Terima kasih kepada para dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan masukan berharga selama proses penelitian ini. Kami juga berterima kasih kepada pihak-pihak yang telah menyediakan dataset publik yang digunakan dalam penelitian ini.

Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada rekan-rekan dan keluarga yang selalu memberikan dukungan moral dan motivasi, serta kepada platform Google Colab yang menyediakan lingkungan komputasi yang efisien dan mudah diakses untuk pengembangan model ini.

Akhir kata, terima kasih kepada semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu, yang telah membantu kelancaran dan keberhasilan penelitian ini. Semoga hasil penelitian ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya di bidang pengenalan gambar dan pembelajaran mesin.

REFERENSI

- [1] Muhammad Metev & Pardjiyo Veiko, *Laser Assisted Microtechnology*, 2nd ed., R. M. Osgood, Jr., Ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1998.
- [2] J. Breckling, Ed., *The Analysis of Directional Time Series: Applications to Wind Speed and Direction*, ser. Lecture Notes in Statistics. Berlin, Germany: Springer, 1989, vol. 61.
- [3] S. Zhang, C. Zhu, J. K. O. Sin, dan P. K. T. Mok, "A novel ultrathin elevated channel low-temperature poly-Si TFT," *IEEE Electron Device Lett.*, vol. 20, hal. 569–571, Nov. 1999.
- [4] M. Wegmuller, J. P. von der Weid, P. Oberson, dan N. Gisin, "High-resolution fiber distributed measurements with coherent OFDR," *Proc. ECOC'00*, 2000, paper 11.3.4, hal. 109.
- [5] R. E. Sorace, V. S. Reinhardt, and S. A. Vaughn, "High-speed digital-to-RF converter," U.S. Patent 5 668 842, Sept. 16, 1997.
- [6] (2002) The IEEE website. [Online], <http://www.ieee.org/>, tanggal akses: 16 September 2014.
- [7] Michael Shell. (2002) IEEEtran homepage on CTAN. [Online], <http://www.ctan.org/tex-archive/macros/latex/contrib/supported/IEEEtran/>, tanggal akses: 16 September 2014.
- [8] *FLEXChip Signal Processor (MC68175/D)*, Motorola, 1996.
- [9] "PDCA12-70 data sheet," Opto Speed SA, Mezzovico, Switzerland.
- [10] A. Karnik, "Performance of TCP congestion control with rate feedback: TCP/ABR and rate adaptive TCP/IP," M. Eng. thesis, Indian Institute of Science, Bangalore, India, Jan. 1999.
- [11] J. Padhye, V. Firoiu, and D. Towsley, "A stochastic model of TCP Reno congestion avoidance and control," Univ. of Massachusetts, Amherst, MA, CMPSCI Tech. hal. 99-02, 1999.
- [12] *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification*, IEEE Std. 802.11, 1997.