

# Jurnal Teknik Sipil

## SUSUNAN REDAKSI

PENANGUNG JAWAB : Rektor Universitas Bandar Lampung

KETUA DEWAN PENUNTING : IR. LILIE WIDJAJA, S.T.

DEWAN PENUNTING : DR. IR. ANTUNU, S.T. 'Univ. (tan Agung Semarang)  
: DR. IR. NURJANI, S.T. 'Univ. Diponegoro  
: DR. IR. \*IRDAU, S.T. 'Univ. (ri+i,a-a)  
: DR. IR. . er- Ri-anto, S.T. 'Univ. Bandar Lampung  
: APRILAL, S.T. 'Univ. Bandar Lampung

DEWAN PENUNTING DAN EDITOR : \*RIT/ AK. & ADNU, S.T. (A'LA)

#EKRETARIS DAN #IRKULASI : IB. IL. A & ALIK, S.T. (URSTAD)

Email : [tsipi@ubl.id](mailto:tsipi@ubl.id)

ALAMAT REDAKSI : Jl. . i / "A PAGAR ALAM \$45 BANDAR LAMPUNG 67894  
Telpon : 4848 ; 888 ; \*a> : 4848 ; 895 ;

Penerbit  
Program Studi Teknik Sipil  
Universitas Bandar Lampung

---

Jurnal Teknik Sipil (Universitas Bandar Lampung 'UBL) diterbitkan 4 (dua) kali dalam setahun  
-aitu pada bulan Oktober dan bulan April

---

# Jurnal Teknik Sipil UBL

Volume 8, nomor 2, Oktober 2017

ISSN 2087-2860

## DAFTAR ISI

Susunan Redaksi.....	ii
Daftar Isi.....	iii
<b>1. Analisis Pengaruh Komponen Jalan Terhadap Capaian Laik Fungsi Jalan Tol Lukmanul Hakim.....</b>	<b>1064-1070</b>
<b>2. Analisis Kemauan dan Kemampuan Membayar Serta Prediksi Pola Perjalanan Konsumen Rute Kota Karang – Pasar Lempasing Bandar Lampung Aditya Mahatidanar Hidayat.....</b>	<b>1071-1080</b>
<b>3. Kajian Kapasitas Tampung Drainase Diperumahan Puri Perwata Tekuk Betung Timur, Bandar Lampung Susilowati.....</b>	<b>1081-1092</b>
<b>4. Pengaruh Sulfat Pada Kekuatan Beton Yang Menggunakan Limbah Batu Bara Sebagai Bahan Pegganti Semen Randy Setiawan.....</b>	<b>1093-1098</b>
<b>5. Wajah Transportasi Perkotaan Pada Kota-kota Metropolitan Ismiyati.....</b>	<b>1099-1117</b>

---

# PENGARUH SULFAT PADA KEKUATAN BETON YANG MENGGUNAKAN LIMBAH BATU BARA SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEMEN

Randy Setiawan,S.T.,M.T.<sup>1)</sup> Fera Lestari,S.T.,M.T.<sup>2)</sup> Dian Pratiwi,S.T.,M.Eng.<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Teknik Sipil, Universitas Teknokrat Indonesia

Email : [randy.setiawan@teknokrat.ac.id](mailto:randy.setiawan@teknokrat.ac.id)

<sup>2)</sup>Teknik Sipil, Universitas Teknokrat Indonesia

Email : [fera.lestari@teknokrat.ac.id](mailto:fera.lestari@teknokrat.ac.id)

<sup>3)</sup>Teknik Sipil, Universitas Teknokrat Indonesia

Email : [dian.pratiwi@teknokrat.ac.id](mailto:dian.pratiwi@teknokrat.ac.id)

## Abstrack

*Many industries meet the electricity needs by establishing their own Steam Power (power plant) coal-fired. Burning coal produces waste in the form of fly ash (fly ash) in very much. Therefore, this study uses fly ash concrete-making materials such as cement replacement.*

*In this research, test the strength of normal concrete and geopolymer concrete cube measuring 15 x 15 X15 cm 3. Materials used in this study were sand (fine aggregate), gravel / split (coarse aggregate), water, NaOH solution, fly ash / fly ash, cement, alkaline activator is a solution of sodium silicate, sodium hydroxide, sulfate and water. Measurement of compressive strength of geopolymer concrete and ordinary concrete with each of treated water tidal sulfate (treatment on ferrocement tanks) and untreated water tidal sulfate at daily intervals to the 1st, 7th, 14th, 21st , to-28. Each daily intervals used 5 pieces of concrete. Analysis of the data used is the ratio between the compressive strength of ordinary concrete and geopolymer.*

*Conclusion of this research is fly ash can be used instead of 100% cement to mix concrete. Sulfuric affect the strength of normal concrete. While on geopolymer concrete sulfate solution has not yet affected the strength of concrete.*

**Kata kunci:** fly ash, geopolimer, sulfat. Effect, Non Cement Material

## 1. PENDAHULUAN

Industri merupakan salah satu sumber perekonomian suatu negara. Dalam perkembangan industri di Indonesia terdapat banyak industri-industri pemenuh kebutuhan masyarakat yang menjadikannya sangat penting. Industri membutuhkan suplai energi listrik yang banyak untuk penggerak operasional atau pelaksanaan. Contohnya adalah industri minyak kelapa sawit, otomotif, kertas, dan elektronika.

Banyaknya industri, pemerintah memfasilitasi banyak pembangkit listrik untuk memenuhi kebutuhan industri maupun kebutuhan masyarakat. Pembangkit listrik dibedakan menjadi dua yaitu pembangkit listrik alami dan pembangkit listrik berbahan dasar karbon. Pembangkit listrik alami contohnya pembangkit listrik bertenaga cahaya matahari, angin, air, gas alam, dan panas bumi.

Sedangkan pembangkit listrik berbahan dasar karbon contohnya pembangkit listrik dengan bahan bakar solar dan batu bara. Pembangkit listrik berbahan bakar solar menghasilkan banyak asap dan CO (karbon monoksida), sedangkan yang berbahan bakar batubara menghasilkan banyak asap dan CO (karbon monoksida) serta produk sampingan yaitu fly ash/abu terbang. Di Indonesia masih banyak pembangkit listrik berbahan bakar batubara sehingga menghasilkan banyak pencemaran lingkungan.

Fly Ash adalah material yang berasal dari sisa pembakaran batu bara yang tidak terpakai. Material ini mempunyai kadar bahan semen yang tinggi dan mempunyai sifat pozzolanik, yaitu dapat bereaksi dengan kapur bebas yang dilepaskan semen saat proses hidrasi dan membentuk senyawa yang bersifat mengikat pada temperatur normal dengan adanya air. Komposisi dari fly ash sebagian besar terdiri dari silikat dioksida (SiO<sub>2</sub>), aluminium (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), besi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), dan kalsium (CaO)

---

sedangkan magnesium, potassium, sodium, titanium, dan sulfur juga ada tetapi dalam jumlah yang lebih sedikit. Sebagian besar komposisi kimia dari *fly ash* ini tergantung dari tipe batu bara (Davidovits,1997). Sifat fisik dari *fly ash* menurut ACI *Manual of Concrete Practice*, 1993 yaitu memiliki berat jenis antara 2,2 – 2,8. Memiliki ukuran antara  $\Phi$  1 mikron –  $\Phi$  1 mm, dengan kehalusan 70% - 80% melewati saringan no. 200 (75 mikron). Memiliki kehalusan antara lain tertahan ayakan 0.0075 mm adalah 3.5%, tertahan ayakan 0.045 mm adalah 19.3 %, sampai ke dasar adalah 77.22 %.

Pemanfaatan *fly ash* pada bahan bangunan khususnya pada bahan pembuatan beton untuk daerah pantai yang dipengaruhi sulfat yang bersifat asam dan korosif. Oleh karena itu, dilakukan penelitian mengenai pengaruh sulfat pada kekuatan beton yang menggunakan limbah batubara sebagai bahan pengganti semen. Dan diharapkan dapat digunakan untuk aplikasi pembuatan Jembatan Selat Sunda dan dermaga pelabuhan.

Produk sampingan limbah batubara yaitu fly ash dimanfaatkan sebagai pengganti semen pada pembuatan beton pada umumnya. Beton yang berbahan *fly ash* disebut beton geopolimer. Beton geopolimer adalah sebuah senyawa silikat alumino anorganik, yang disintesis dari bahan-bahan produk sampingan seperti abu terbang (*fly ash*), abu kulit padi (*rice husk ash*) dan lain-lain, yang banyak mengandung silikon dan aluminium. Sifat dari beton geopolimer adalah tahan terhadap lingkungan yang korosif, mempunyai rangkai dan susut yang kecil, tahan terhadap reaksi alkali – silika, tahan terhadap api, dan mengurangi polusi udara (Davidovits,1997). Karena sifat dari beton geopolimer ini, memiliki potensi untuk konstruksi tepi laut yang dipengaruhi keadaan pasang surut. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengkaji bagaimana pengaruh sulfat pada kekuatan beton yang menggunakan limbah batubara sebagai bahan pengganti semen.

Tujuan penelitian ini membuktikan bahwa fly ash dapat digunakan sebagai bahan pengganti semen pada campuran beton geopolimer dan mengetahui pengaruh sulfat beton geopolimer.

## 2. METODE PENELITIAN

Teknik pengumpulan data adalah dengan pembacaan hasil pengukuran kuat tekan beton geopolimer dan beton biasa dengan masing-masing diberi perlakuan pasang surut air sulfat ( perlakuan pada bak ferrocement) dan tidak diberi perlakuan pasang surut air sulfat pada interval harian ke-1, ke-

7, ke-14, ke-21, ke-28. Setiap interval harian digunakan 5 buah beton. Analisa data yang digunakan adalah perbandingan kuat tekan antara beton geopolimer perlakuan pasang surut air sulfat dan tidak diberi perlakuan pasang surut air sulfat pada interval harian dengan beton biasa perlakuan pasang surut air sulfat dan tidak diberi perlakuan pasang surut air sulfat pada interval harian.

Cara penafsiran dan penyimpulan hasil penelitian adalah bentuk diagram tegangan dan interval waktu harian pada beton biasa dan beton geopolimer masing-masing pada interval harian ke-1, ke-7, ke-14, ke-21, ke-28. Penyimpulan untuk mendapatkan nilai kuat tekan maksimum dan tegangan yang diterima beton geopolimer dan beton biasa.

### Tahapan Pelaksanaan

Tahapan pelaksanaan pada penelitian ini yaitu :

1. Pengadaan bahan dan alat
  - \* Pengambilan *fly ash* di PLTU Tarahan;
  - \* Pembelian agregat: pasir dan split;
  - \* Pembelian bahan katalis yaitu alkaline aktivator;
  - \* Pembelian peralatan bantuan.
2. Pembuatan benda uji Beton biasa
  - \* Persiapan cetak kubus;
  - \* Pengujian sifat bahan (Berat jenis dan gradasi)
  - \* Perhitungan Komposisi adukan atau campuran;
  - \* Pencampuran split, pasir, air, semen;
  - \* Pengukuran tingkat kelecakan adukan beton segar;
  - \* Penuangan beton dalam cetakan.
3. Pembuatan benda uji Beton geopolimer
  - \* Persiapan cetak kubus;
  - \* Pengujian sifat bahan (Berat jenis dan gradasi)
  - \* Perhitungan Komposisi adukan atau campuran;
  - \* Pencampuran split, pasir, air, *fly ash*, dan katalis (alkaline aktivator)
  - \* Pengukuran tingkat kelecakan adukan beton segar;
  - \* Penuangan beton dalam cetakan.
4. Perawatan
  - \* Pelepasan cetakan setelah beton berumur 1 hari;
  - \* Perendaman dalam bak air selama 14 hari;
  - \* Pengangkatan dari bak air dan didiamkan dalam ruangan terbuka.

5. Perlakuan benda uji setelah beton biasa dan geopolimer berumur 28 hari
  - \* Perlakuan pasang surut dengan cara direndam dalam larutan sulfat;
  - \* Perlakuan berulang selama 1 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari.
6. Pengujian dilakukan pada satu hari
  - \* Pengujian setelah benda uji selesai mendapatkan perlakuan perendaman dan pengangkatan dari larutan sulfat;
  - \* Benda uji diletakkan diatas bantalan mesin uji tekan (CTM) dan dibaca beban maksimumnya.
7. Pelaporan
  - \* Hasil pembacaan gaya tekan maksimum dibagi dengan luas penampang menghasilkan nilai kekuatan beton;
  - \* Hubungan antara lama perendaman dan kuat tekan beton ditampilkan dalam bentuk grafik dan dianalisis;
  - \* Proses didokumentasikan dan dilampirkan dalam laporan final penelitian.

#### Bahan dan Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah :

Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram dan 5 gram, oven dengan pengatur temperatur suhu, kontainer-kontainer, tabung Picnometer, cetakan kerucut pasir, tongkat pemadat, keranjang untuk merendam kerikil, bak ferrocement, mesin pengguncang saringan, gelas ukur, kode warna, mesin Los Angeles, bola-bola baja dengan diameter rata-rata 4,68 cm dan beratnya antara 390 gram sampai 445 gram, botol Le Chatelier kapasitas 250 ml, kerosin bebas air atau naptha dengan berat jenis 62 API (American Petroleum Institute), mesin aduk (mixer), alat Vicat, alat Gillmore, stopwatch, mangkuk keramik, penumbuk, seperangkat Blaine Finess Test, Plungwer dan Permeability Cell, kertas saring, Manometer oil, air raksa, pipet, sekop, cetakan-cetakan beton berbentuk kubus dengan sisi 15 cm, alat uji Slump, mesin molen, vibrator (alat penggetar), kerucut Abram, pelat baja ukuran 50 cm x 50 cm untuk tempat kerucut berdiri, Hammer Test, Compression Testing Machine (CTM), waterpump, 1 set saringan dengan ukuran seperti pada tabel 4.1 dibawah ini:

Tabel 1. Ukuran Saringan yang Digunakan

Nomor ayakan	0.07	0.14	0.29	0.59	1.1	2.3	4.7
Ø lubang(mm)	4	9	7	5	8	6	5

Pembulatan	0.07	0.15	0.3	0.6	1.2	2.4	4.8
	5						

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Pasir (fine agregate);
2. Kerikil/split (coarse agregate);
3. Air;
4. Larutan NaOH;
5. Fly ash/abu terbang;
6. Semen;
7. Alkaline aktivator yaitu larutan sodium silikat dan sodium hidroksida;
8. Air sulfat.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini di uji 2 jenis benda uji yaitu beton biasa dan beton geopolimer yang direndam dalam sulfat 5%. Pada pengujian menggunakan alat CTM (Compression Testing Machine) yaitu alat uji gaya tekan didapatkan data kuat tekan terhadap benda uji kubus berukuran 15 x 15 x 15 cm<sup>3</sup> beton yang dianalisa menggunakan persamaan  $\sigma = P/A$ , dengan

$\sigma$  adalah kuat tekan beton (Mpa)

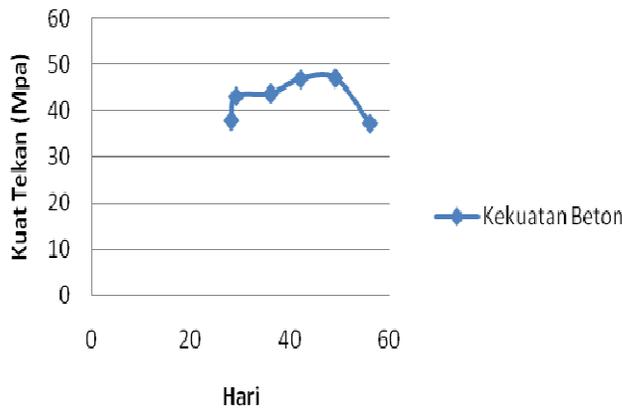
P adalah beban tekan maksimum (N)

A adalah luas penampang tertekan (mm<sup>2</sup>).

Hasil dari pengujian beton biasa dapat terlihat pada tabel 2 dan grafik pada gambar 1 dibawah ini

Tabel 2. Tabel Uji kekuatan Beton Biasa

H a r i	Ben da uji1	Ben da uji2	Ben da uji3	Ben da uji4	Ben da uji5		(Mpa)
28	420	480	490	435	475	460	37,89517
29	475	615	605	545	375	523	43,085161
30	440	390	335	690	600	491	40,448975
42	565	180	530	675	505	491	40,448975
49	560	670	575	583	470	571	47,088868
56	585	235	570	320	550	452	37,2361



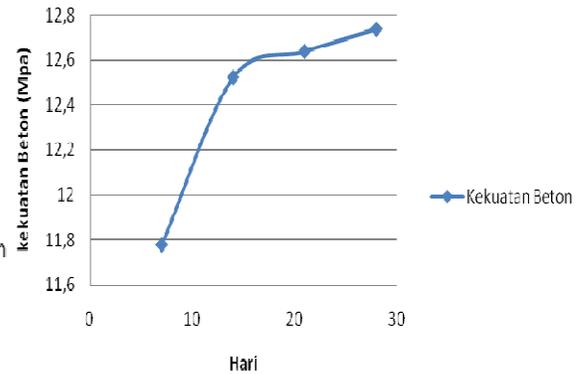
**Gambar 1.** Grafik Kekuatan Beton Biasa pada Sulfat

Berdasarkan tabel 5.1 kuat tekan maksimum terjadi pada hari ke-29 sebesar 47,0887 Mpa dan menurun pada hari ke-56 sebesar 37,2361 Mpa. Berdasarkan grafik 5.1 beton biasa yang telah direndam dalam air sulfat 5% mengalami kenaikan kekuatan tekan beton dan mengalami penurunan setelah hari ke-49 sampai hari ke-56 yaitu sebesar 47,0887 Mpa menjadi 37,2361 Mpa.

Hasil dari pengujian beton geopolimer dapat terlihat pada tabel 3 dan grafik pada gambar 2 dibawah ini :

Tabel 3. Tabel Uji kekuatan Beton Geopolimer

Hari	Ben da uji1	Ben da uji2	Ben da uji3	Ben da uji4	Ben da uji5	(Mpa)
7	140	146	144	140	145	143,780455
14	150	154	157	150	149	152,21882
21	150	155	149	157	156	153,437216
28	156	151	156	157	153	154,7



**Gambar 2.** Grafik Kekuatan Beton Geopolimer

Berdasarkan tabel 5.2 kuat tekan maksimum terjadi pada hari ke-28 sebesar 12,736072 Mpa. Berdasarkan grafik 5.2 beton geopolimer yang telah direndam dalam air sulfat 5% mengalami kenaikan kekuatan tekan beton setelah hari ke-7 sampai hari ke-28 yaitu sebesar 11,780455 Mpa menjadi 12,736072 Mpa.

Berdasarkan literatur penelitian B.V. Rangan (Fly Ash-Based Geopolymer Concrete, 2008), kekuatan tekan beton geopolimer masih terus bertambah sampai hari ke-90. Sehingga beton geopolimer yang di uji masih dapat bertambah kekuatannya dalam sulfat 5%.

Proses Kegiatan Pembuatan Beton



**Gambar 3.** Proses Pengayakan Agregat



Gambar 4. Proses Pencucian Agregat



Gambar 5. Proses Penghamparan Agregat



Gambar 6. Proses Penyaringan Agregat Halus



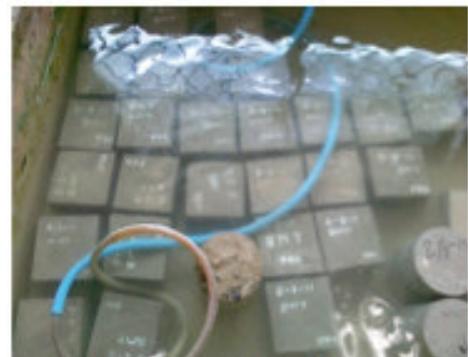
Gambar 7. Proses Mix Design



Gambar 8. Proses Penuangan Ke Cetakan Beton



Gambar 9. Beton yang telah di cetak



Gambar 10. Proses Perendaman Beton



Gambar 11. Beton yang telah di test



Gambar 12. Beton yang telah di rendam air sulfat.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah fly ash bisa digunakan sebagai pengganti 100% semen untuk campuran beton dan sulfat mempengaruhi kekuatan beton biasa sedangkan pada beton geopolimer larutan sulfat belum mempengaruhi kekuatan beton tersebut.

#### 5. REFERENSI

- Aziz1, Muchtar, Ngurah Ardha Dan Lili Tahli. 2006. *Karakterisasi Abu Terbang PLTU Suralaya Dan Evaluasinya Untuk Refraktori Cor*. [www.tekmira.esdm.go.id](http://www.tekmira.esdm.go.id). Di akses pada tanggal 10 September 2010.
- Aziz2, Muchtar, Ngurah Ardha. 2006. *Percobaan Pendahuluan Pembuatan Refraktori Cor dari Abu Terbang Suralaya*. [www.tekmira.esdm.go.id](http://www.tekmira.esdm.go.id). Di akses pada tanggal 9 September 2010.
- Davidovits, J. 1988. Soft Mineralogy and Geopolymers, Proceedings of the of Geopolymer 88 International Conference, The Universite de Technologie, Compiègne. France.
- Davidovits, J. 1994. High-Alkali Cements fo 21<sup>st</sup> Century Concretes. in Concrete Technology, Past, Present dan Future, Proceedings of V.Mohan Malhotra Symposium, Editor: P. Kumar Metha.
- Davidovits, J. 1997. Low Calcium Geopolymer Fly Ash-Based Geopolymer Concrete. in Concrete Technology, Past, Present dan Future, Proceedings of V.Mohan Malhotra Symposium, Editor: P. Kumar Metha.
- Koesnadi, Heri.2008. *Fly Ash*. <http://heri-mylife.blogspot.com/2008/06/fly-ash.html>. Di akses pada tanggal 8 September 2010.
- Rangan, B.V. 2008. Fly Ash-Based Geopolymer Concrete. Perth, Australia: Curtin University of Tecnology.

## INFORMASI UNTUK PENULISAN NASKAH JURNAL TEKNIK SIPIL UBL

### **Persyaratan Penulisan Naskah**

1. Tulisan/naskah terbuka untuk umum sesuai dengan bidang teknik sipil.
2. Naskah dapat berupa
  - a. Hasil penelitian, atau
  - b. Kajian yang ditambah pemikiran penerapannya pada kasus tertentu yang belum dipublikasikan,

Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris, Naskah berupa rekaman dalam Disc (disertai dua eksemplarnya cetaknya) dengan panjang maksimum dua puluh halaman dengan ukuran kertas A4, ketikan satu spasi, jenis huruf Times New Roman (font size 11).

Naskah diketik dalam pengolahan kata MsWord dalam bentuk siap cetak.

### **Tata Cara Penulisan Naskah**

1. Sistematika penulisan disusun sebagai berikut :
  - a. Bagian Awal : judul, nama penulis, alamat penulis dan abstrak (dalam dua bahasa: Indonesia dan Inggris)
  - b. Bagian Utama : pendahuluan (latar belakang, permasalahan tujuan), tulisan pokok (tinjauan pustaka, metode, data dan pembahasan), kesimpulan (dan saran)
  - c. Bagian Akhir : catatan kaki (kalau ada) dan daftar pustaka.

Judul tulisan sesingkat mungkin dan jelas, seluruhnya dengan huruf kapital dan ditulis secara simetris.

2. Nama penulis ditulis :
  - a. Di bawah judul tanpa gelar diawali huruf kapital, huruf simetris, jika penulis lebih dari satu orang, semua nama dicantumkan secara lengkap.
  - b. Di catatan kaki, nama lengkap dengan gelar (untuk memudahkan komunikasi formal) disertai keterangan pekerjaan/profesi/instansi (dan kotanya), apabila penulis lebih dari satu orang, semua nama dicantumkan secara lengkap.
3. Abstrak memuat semua inti permasalahan, cara pemecahannya, dari hasil yang diperoleh dan memuat tidak lebih dari 200 kata, diketik satu spasi (font size 11).

4. Teknik penulisan :

Untuk kata asing dituliskan huruf miring.

- a. Alenia baru dimulai pada ketikan kelima dari batas tepi kiri, antar alenia tidak diberi tambahan spasi.
  - b. Batas pengetikan : tepi atas tiga centimeter, tepi bawah dua centimeter, sisi kiri tiga centimeter dan sisi kanan 2 centimeter.
  - c. Tabel dan gambar harus diberi keterangan yang jelas
  - d. Gambar harus bisa dibaca dengan jelas jika diperkecil sampai dengan 50%.
  - e. Sumber pustaka dituliskan dalam bentuk uraian hanya terdiri dari nama penulis dan tahun penerbitan. Nama penulis tersebut harus sama dengan nama yang tertulis dalam daftar pustaka.
5. Untuk penulisan keterangan pada gambar, ditulis seperti : gambar 1, demikian juga dengan, tabel 1., grafik 1. Dan sebagainya,
  6. Bila sumber gambar diambil daribuku atau sumber lain, maka dibawah keterangan gambar ditulis nama penulis dan tahun penerbitan.
  7. Daftar pustaka ditulis dalam urutan abjad nama penulisan dan secara kronologis : nama, tahun terbit, judul (diketik miring), jilid, edisi, nama penerbit, tempat terbit.