

PENGUJIAN SIFAT FISIKA DAN KIMIA SEMEN YANG DIBUAT DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN BAKU LIMBAH ABU KERTAS

Hasrawati Bahar¹, Muhammad Zahir²

^{1, 2} Program Studi Kimia

Universitas Syekh Yusuf Al Makassar Gowa, Jl. Melati No. 13 Kel. Bonto-Bontoa Kec. Somba Opu
Kab. Gowa

Email korespondensi: hasrawatibahar@usy.ac.id

ABSTRAK

Sebagai negara yang maju dan berkembang, Indonesia akan selalu melakukan pembangunan dalam segala bidang kehidupan. Salah satu sektor yang terus berkembang adalah sektor infrastruktur. Menghadapi fenomena pertumbuhan infrastruktur ini, khususnya di bidang pembangunan perlu adanya hal yang menunjang dalam setiap pembangunan yang terjadi, salah satunya adalah material semen. Abu kertas koran merupakan salah satu alternatif yang dapat dijadikan sebagai bahan dalam pembuatan semen. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat fisika dan kimia pada semen dari abu kertas koran. Kualitas semen didasarkan pada Standar Nasional Indonesia 15-2049-2004. Hasil pengujian sifat fisika dan kimia pada semen yang dibuat dengan menggunakan bahan baku abu kertas koran diperoleh densitas serbuk, kuat tekan, kadar hilang pijar, kadar bagian tak larut, kadar SO_3 , kadar SO_2 berturut-turut 0.0203 g/cm³; 9.45 kN; 0.07 %; 9.78%; 6.56%; 73.78%.

Kata kunci: Abu, Fisika-kimia, Kertas koran, Semen.

ABSTRACT

Indonesia as a developing country continues to carry out development in all areas of life. One sector that continues to grow is the infrastructure sector. Facing this phenomenon of infrastructure growth, especially in the field of development, it is necessary to have things that support every development that takes place, one of which is material cement. Newspaper ash is an alternative that can be used as an ingredient in cement production. The purpose of this study was to determine the physical and chemical properties of cement from newsprint ashes. Cement quality based on Indonesian National Standard 15-2049-2004. The results of testing the physical and chemical properties of cement made using newsprint ashes obtained powder density, compressive strength, glow loss content, insoluble matter content, SO_3 content, SO_2 content respectively 0.0203 g/cm³; 9.45 kN; 0.07%; 9.78%; 6.56%; 73.78%.

Keywords: Fly ash, Physics-chemistry, Newsprint, Cement.

PENDAHULUAN

Demi memperoleh kenyamanan dalam hidup manusia, konsep pembangunan sangat berperan penting untuk memajukan teknologi infrastruktur. Riset kearah teknologi infrastruktur seperti halnya teknologi beton telah banyak dilakukan, untuk pemenuhan industry properti secara khusus diantaranya bangunan tinggi pencakar langit, apartemen, *factory*/bangunan kantor dan serta bangunan rumah atau *housing area*. Riset dan inovasi terus dilakukan di bidang teknologi bahan, termasuk bahan bangunan, khususnya komponen struktural. Salah satu bahan yang sedang trend digunakan untuk komponen struktur adalah semen (semen Portland)

yang saat ini merupakan permintaan tertinggi dalam industri konstruksi [1].

Semen portland dibuat dari bahan baku alam, misalnya: batugamping sumber CaO , tanah liat sumber SiO_2 dan Al_2O_3 [2], [3]. Batugamping merupakan bahan terbesar dalam produksi semen, dengan berat $\pm 75-80 \mu r$, residunya berupa lempung, aluminium oksida serta Ferro oksida [1]. Bahan dasar semen dihaluskan dan dibakar untuk menghasilkan Calcium silikat dan Calcium aluminat yang sifatnya hidrolik dan dicampur dengan gipsum. Proses calsinasi di dalam tanur (furnace) dapat mencapai suhu sekitar 1300-135°C.

Tabel 1. Rasio komponen fly ash terhadap ash dari sampah.

Komposisi	Abu sampah (%)
MgO	2.60
Na ₂ O	0.14
Fe ₂ O ₃	7
CaO	31
K ₂ O	0.38
SiO ₃	46
Al ₂ O ₃	29
LOI	1.39

Kebutuhan semen selalu meningkat, karena tidak jauh dari kemajuan dunia konstruksi dan pembangunan di dalam negeri dan menurut jumlah populasi manusia. Jika pasokan permintaan semen meningkat setiap tahunnya, maka tentunya kebutuhan bahan dasar alam juga akan naik. Akhirnya, suatu saat

simpanan kekayaan alam kita akan berkurang dan limit. Itu sebabnya kita harus memikirkan dan mempelajari bahan baku alternatif, agar ada produksi semen di masa depan juga.

Beberapa kemungkinan bahan cadangan sebagai cadangan alternatif batu kapur yaitu : ash terbang

batu bara (*fly ash*), ash dari produk calsinasi sampah, dan sebagainya. Karena kedua bahan dasar cadangan/penganti ini *low price* berupa limbah dan belakangan ini jarang dimanfaatkan secara optimal [2].

Berdasarkan tabel 1 diperoleh kesimpulan bahwa jika melihat data komposisi salah satu komponen abu sampah yaitu CaO yang cukup besar, ini berarti abu sampah dapat dijadikan sebagai bahan baku alternatif pengganti bahan baku primer semen yaitu CaO.

Satu diantara jenis produk semen yang bahan dasarnya menggunakan abu sampah /limbah selain itu produk semen tersebut mirip dengan semen Portland disebut sebagai Ekosemen. Komponen batu kapur dalam semen dapat digantikan dengan abu sampah separuh atau keseluruhan jumlahnya, sehingga dapat meminimalisir eksplorasi bahan alam dan emisi gas CO₂ dari hasil samping pabrik cement, maka dapat menyebabkan isu lingkungan. Pada industri semen yang menggunakan kalsinasi CaO menghasilkan emisi gas buang CO₂, Jumlah emisi gas buan akan bertambah jika kebutuhan akan CaO meningkat dsan sebaliknya.

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, maka Pada kesempatan penelitian kali ini akan dilakukan pembuatan semen jenis Portland dengan menggunakan bahan baku abu sampah. Dari hasil penelitian dilihat sejauh mana pengaruh variasi komposisi abu sampah terhadap karakteristik semen.

METODE PENELITIAN

Alat-alat yang digunakan adalah Timbangan, Oven, Tanur, Cawan, Talenan, *Universal Testing Machine (UTM)*, *Piknometer*, *Hotplate*, Cetakan beton, Desikator dan peralatan gelas lainnya di laboratorium kimia.

Adapun Bahan-bahan yang akan digunakan adalah Abu Kertas, Kapur (CaCO₃ teknis), Lempung (Clay), Magnesium Karbonat (MgCO₃ teknis), Besi Oksida (Fe₂O₃ Teknis), Gypsum (CaSO₄.2 H₂O Teknis), Agregat (Pasir), Sampel semen, Aquadest, BaCl₂ 10%, NaOH 5%, HCl 1:1, Indikator MM, HCl p.a, HCl 5%, NH₄Cl, HNO₃. Kertas Saring.

Variable penelitian dalam pembuatan semen adalah:

- Variasi komposisi campuran bahan baku, dengan perbandingan antara abu kertas dan CaCO₃ masing-masing dibuat: 10 : 60, 20 : 50, 30 : 40, dan 40 : 30 (dalam satuan persen berat), dimana komponen lainnya dibuat tetap.
- Variasi temperatur kalsinasi yaitu: 1000°C (selama 3 jam).

1. Pembuatan Ekosemen

Limbah kertas dibakar sampai menjadi abu, kemudian diayak, kemudian bahan dasar (kalsium karbonat, Ash kertas, Lempung, Magnesium Karbonat, dan Ferro Oksida ditimbang berdasarkan rasio komponen seperti pada Tabel 1. Kemudian diaduk dengan pelarut/air, dengan jumlah rasio total bobot serbuk : bobot air = 1 : 1. Kedua campuran antara air dan serbuk dituang ke dalam wadah talenan dan diaduk sampai betul-betul homogen. Setelah dicampur, kemudian dikeringkan di dalam oven dengan suhu ±105°C sampai dihasilkan produk

campuran serbuk dalam kondisi kering, campuran produk tersebut yang telah kering selanjutnya dimasukkan kedalam tanur untuk dibakar /dikalsinasi dengan suhu ± 1000°C selama 3 jam. sampel produk yang sudah mengalami calsinasi disebut sebagai klinker yang sifatnya dapat menggumpal dan menjadi keras. Untuk dijadikan semenwajib untuk menambahkan bubuk gipsum dan dicampur (proses kering) selama 24 jam. Selanjutnya diayak dan diperoleh bubuk halus sebagai semen. Pengujian semen dalam bentuk serbuk, meliputi: pengukuran densitas serbuk, analisa (kadar hilang pijar, kadar bagian tak larut, kadar SO₃, kadar SiO₂) pada semen. Pencampuran semen dengan agregat (Pasir) digunakan untuk menguji semen dalam bentuk panel beton. Komposisi panel beton dbuat dengan perbandingan tetap, yaitu dengan rasio semen : agregat (pasir) = 1:3 (perbandingan volume). Pengujian Sifat fisik yang ditunjukkan pada display beton, yaitu: pengujian dalam bidang mekanik. Pengujian bidang mekanik seperti : besarnya kuat tekan dari display beton yang telah di aging dengan jangka waktu 7 hari.

2. Pengujian Sifat Fisika Semen

a. Pengukuran Densitas Serbuk

Piknometer kosong ditimbang bersama tutupnya (bobot kosong, mO gram), lalu piknometer diisi air dan ditutup sampai air merembes keluar, bagian luar piknometer dikeringkan lalu ditimbang (bobot air + wadah, mA gram). Selanjutnya air dibuang dan piknometer dikeringkan didalam oven suhu 105°C. Setelah dingin, piknometer ditimbang Kembali sebagai data bobot wadah piknometer kosong. Kemudian piknometer dimasukkan zat (massa zat sebelumnya ditimbang, mS= 1 gram). Dengan catatan serbuk yang dimasukkan ke dalam piknometer tidak boleh menyentuh bagian leher dari piknometer. Setelah itu wadah piknometer yang telah terisi dengan sampel serbuk ditambahkan pelarut air sampai penuh (menyembul keluar).lalu wadah piknometer bagian luar dilap sampai kering dan layak untuk ditimbang lagi sebagai bobot mSA gram.

b. Pengukuran Kuat Tekan (*Compressive Streght*)

Diukur diameter dari contoh yang bentuknya silinder selama tiga kali ulangan (d) , kemudian berdasarkan data diameter maka luas penampang dapat diketahui melalui perhitungan , $A = \frac{\pi(d^2)}{4}$. Sumber tegangan diatur sebesar 40 Volt untuk menggerakkan motro listrik kearah bawah ataupun ke atas.

Dilakukan kalibrasi alat ukur (gaya) sebelum digunakan yang diperlihatkan oleh jarum penunjuk alat yang tepat pada angka nol. Kemudian sampel disimpan tepat berada di tengah pada posisi pemberian gaya (dapat dilihat pada gambar), dan arahkan switch ON/OFF ke arah ON, maka pembebanan secara otomatis akan bergerak dengan kecepatan konstan sebesar 4 mm/menit. sampel yang telah pecah, darahkan diatur ke arah OFF maka motor penggerak akan berhenti. Lalu besarnya gaya dicatat yang muncul pada display, saat beton polimer tersebut rusak.

3. Pengujian Sifat Kimia Semen

a. Penentuan Kadar Hilang Pijar (Loss Of Ignition)

Sampel semen ditimbang $\pm 1g$, diletakkan di atas kompor listrik untuk diarangkan, lalu dituang ke dalam cawan yang sudah ditimbang bobot kosongnya. Cawan dan sampel dipijarkan di dalam tanur pada suhu $1000^{\circ}C$ selama 3 jam kemudian didinginkan dalam desikator, lalu kemudian ditimbang sampai diperoleh bobot tetap.

$$\text{Kadar Hilang Pijar} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \%$$

Keterangan :

W_1 : Bobot awal sampel

W_2 : Bobot akhir sampel setelah dipijarkan

b. Penentuan Bagian Tak Larut

Sampel ditimbang dan dimasukkan kedalam wadah beaker. Lalu ditambahkan sebanyak 20 mL aquadest, diaduk sampai larut sempurna. Ditambahkan pereaksi HCl 1: 1 sebanyak ± 10 mL. sampel dipanaskan pada hotpalet dengan perkiraan waktu 30 menit pada suhu $100^{\circ}C$. kemudian dilakukan penyaringan, dan pencucian endapan dengan menggunakan pelarut aquadest panas, hasil saringan ditampung untuk penetapan kadar SO_3 , Dimasukkan kembali endapan dan kertas saring ke dalam gelas piala semula, lalu + 40 ml NaOH 5% dan dipanaskan (aduk kertassaring hingga terurai), Ditambahkan 1 tetes indikator MM dan 10 ml HCl 1:1, dipanaskan kembali, Disaring, endapan dicuci dengan aquadest panas, kemudian dimasukkan dalam cawan.

Endapan dikeringkan, dipijarkan kemudian ditimbang hingga bobot tetap.

$$\text{Bagian Tak Larut} = \frac{\text{Berat endapan}}{\text{Berat contoh}} \times 100 \%$$

c. Penentuan Kadar SO_3

Diencerkan hingga 250 ml filtrat dari penentuan BTL, lalu ditambahkan pereaksi sebanyak 10 ml BaCl₂ 10% (endapan putih), larutan dipanaskan diatas hotplate hingga diperoleh reaksi sempurna, didinginkan, kemudian disaring, lalu dibilas dengan dengan aquadest panas, Endapan beserta kertas

saring dimasukkan ke dalam cawan, Dikeringkan diatas hotplate kemudian dimasukkan kedalam tanur suhu $1000^{\circ}C$ selama 3 jam, Dinginkan lalu kemudian ditimbang hingga diperoleh bobot tetap.

$$\% SO_3 = W \times 34.3$$

Keterangan :

W : Bobot Endapan BaSO₄ (g)

34.3 : Perbandingan molekul SO_3 terhadap BaSO₄ (0.343) x 100

d. Penentuan Kadar SiO_2

Sampel semen ditimbang $\pm 1g$, lalu ditambahkan pereaksi NH₄Cl sebanyak 5 gram, Diaduk lalu Ditambahkan 10 ml Pereaksi HCl p.a dan 3 tetes HNO₃ p.a, Dipanaskan diatas hotplate suhu $100^{\circ}C$ selama 30 menit, tiap 10 menit dilakukan pengadukan, Diangkat dan ditambahkan pereaksi HCl 5% hingga volume larutan mencapai 70 ml, disaring, dimasukkan endapan bersama kertas saring ke dalam cawan, dikeringkan diatas hotplate, Dimasukkan kedalam tanur suhu $1000^{\circ}C$ selama 3 jam, lalu Dinginkan dan ditimbang hingga bobot tetap.

$$\text{Kadar } SiO_2 = \frac{W_2 - W_1}{W} \times 100 \%$$

Keterangan :

W_1 : Berat endapan sebelum pemijaran (g)

W_2 : Berat endapan setelah pemijaran (g)

W : Berat contoh (g)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis sifat fisika kimia semen portland dari abu limbah kertas koran ditunjukkan pada Tabel 2.

Sifat Fisika Semen

a. Pengukuran Densitas

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai densitas serbuk semen berkisar antara 0.0203-0.0206 g/cm³. Berdasarkan table diatas 40% bobot dari abu sampah tidak dapat memproduksi cement karena jika ditinjau dari struktur yang diperoleh tidak mirip/identik dengan struktur yang ada pada semen portland. Nilai densitas semen portland adalah sekitar 2.97 g/cm³.

Tabel 2. Hasil Analisis Sifat Fisika Kimia Semen dari Abu Limbah Kertas Koran

Jenis Uji	Hasil	Satuan
Densitas serbuk	0.0203	g/cm ³
Kuat tekan	9.45	kN
Kadar Hilang Pijar	0.07	%
Kadar Bagian Tak Larut	9.78	%
Kadar SO_3	6.56	%
Kadar SO_2	73.78	%

b. Pengujian Mekanik (kuat tekan)

Pengujian Kuat tekan beton sangat dipengaruhi oleh perbandingan air, semen serta tingkat pemadatan. Berdasarkan pengujian Kuat tekan beton diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa kuat tekan beton semen yang diperoleh 9.45 kN. Hasil tersebut dipengaruhi oleh umur beton yang kurang dari 24 jam [4], [5].

Sifat Kimia Semen

a. Analisis Kadar Hilang Pijar

Pengujian kadar hilang pijar atau LOI dilakukan untuk mengetahui persentase kandungan zat yang hilang dan mudah terbang yang terdapat di dalam sampel semen [6]. Zat mudah terbang adalah air terikat dan karbon dioksida dari karbonat. Kadar hilang pijar yang diperoleh adalah 0.07 %. Nilai

maksimum hilang pijar pada semen adalah 5.0 % berdasarkan SNI 15-2049-2004, standar ini bertujuan untuk mencegah adanya mineral-mineral yang dapat mengalami metamorfosa dalam waktu beberapa tahun dimana metamorfosa tersebut dapat menimbulkan kerusakan yaitu dapat menimbulkan kerusakan seperti keretakan semen.

Pengujian LOI pada semen penting untuk dilakukan karena sangat erat kaitannya dengan kualitas semen. Kandungan mineral pada semen dapat mempengaruhi hasil pengujian LOI. Semakin banyak mineral yang terkandung dalam semen maka semakin tinggi nilai LOI-nya [7]. Penambahan bahan pada semen, seperti batu kapur juga dapat mempengaruhi hasil pengujian LOI [8]. Poduk semen baru, nilai LOI berada pada range 0.5% - 0.8% berdasarkan dengan akumulasi kristal yang terdapat pada gypsum. Selain itu, kadar hilang pijar semakin meningkat disebabkan oleh penambahan batu kapur yang mengandung karbon dioksida dari penguraian mineral CaCO_3 menyebabkan semakin besarnya penambahan yang dilakukan maka kandungan uap air dan gas CO_2 akan semakin banyak yang menyebabkan hilang pijar semakin tinggi. Suhu *furnace* yang digunakan dalam pengujian LOI dapat mempengaruhi hasil pengujian. Suhu yang ekstrim tinggi dan rendah dapat menghasilkan nilai LOI yang tidak akurat [6].

b. Analisis Kadar BTL

Bagian tidak larut pada semen merupakan oksida-oksida logam yang tidak dapat larut dalam air. Bagian yang tidak larut dalam semen adalah SiO_2 . Bagian yang tidak larut dalam HCl dan NaOH dihitung sebagai bagian tak larut. Kadar bagian tak larut yang didapatkan adalah 9.78%. Nilai maksimum bagian tak larut semen adalah 3.0%. Semakin tinggi persentase bagian tak larut pada semen maka semakin rendah kualitas semen tersebut.

Bagian tidak larut pada semen yang terlalu tinggi dapat menyebabkan semen sulit untuk mengeras, kurang kuat, dan dapat mengurangi daya rekat semen pada material bangunan. Sedangkan bagian tidak larut pada semen yang terlalu rendah dapat menyebabkan semen mudah retak dan tidak tahan lama [9]. Persentase bagian tak larut yang ideal pada semen adalah sekitar 2-5% [9].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. A. Pribadi And M. Sastra, "Ekosemen Sebagai Media Perekat Pengganti Semen Untuk Beton," *Jurnal Gradasi Teknik Sipil*, Vol. 2, No. 1, Pp. 44–51, 2018.
- [2] A. Z. Uzaqbayevna, "Studies On The Chemical Composition And Properties Of Portland Cement," *Eurasian Journal Of Academic Research*, Vol. 3, No. 3, Pp. 13–21, 2023.
- [3] M. Syarif, "Analisis Sifat Fisik Semen Organik Terbuat Dari Bahan Limbah Daur Ulang," *Jurnal Linears*, Vol. 2, No. 1, Pp. 18–23, Mar. 2019.
- [4] R. A. I. Sari, S. E. Wallah, And R. S. Windah, "Pengaruh Jumlah Semen Dan Fas Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Agregat Yang Berasal Dari Sungai," *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 3, No. 1, Pp. 68–76, 2015.
- [5] R. Febriasto, N. L. P. S. Satyaning, And Wibawati,

c. Analisis Kadar SO_3

Kandungan SO_3 dalam semen merupakan faktor penting dalam waktu pengerasan semen. Jumlah gypsum dalam semen dapat dikontrol melalui kandungan SO_3 dalam semen yang dihasilkan. Kandungan SO_3 pada semen adalah sulfur trioksida yang merupakan senyawa kimia yang terdapat dalam bahan baku pembuatan semen. Kadar SO_3 dalam semen dapat mempengaruhi kualitas semen yang dihasilkan dan semakin kecil kadar SO_3 , semakin lambat pula kecepatan pengerasan semen [10].

Dalam pH/kondisi asam kandungan SO_3 dalam dalam sample berubah menjadi SO_4^{2-} dan akan mengendap dengan baik dengan menambahkan BaCl_2 membentuk endapan BaSO_4 . Kadar SO_3 yang didapatkan adalah 6,56%. Nilai maksimum SO_3 semen adalah 3,5% . Kadar SO_3 yang terkandung pada semen berfungsi untuk mengatur atau memperbaiki sifat setting time (pengikatan) dari mortar dan juga untuk kuat tekan. Apabila penambahan retarder sangat banyak jumlahnya maka menyebabkan turunnya kekuatan mekanik/kuat tekan. Sebagai sumber utama SO_3 yang sering digunakan adalah gypsum.

Kadar SO_3 dalam semen dapat mempengaruhi sifat fisiknya dan menyebabkan semen mudah pecah saat digunakan. Fungsi SO_3 dalam semen adalah untuk mengatur/ memperbaiki waktu setting (pengikatan), sifat mortar (sebagai retarder), dan juga untuk mempengaruhi sifat fisik semen [10].

d. Analisis Kadar SiO_2

Kadar SiO_2 yang didapatkan adalah 73,78%. Kandungan SiO_2 dapat mempengaruhi kuat tekan. Menurut standar SNI 15-2049-2004, kandungan SiO_2 dalam semen minimal 95- 99%.

KESIMPULAN

Pengujian sifat fisika dan kimia pada semen yang dibuat dengan menggunakan bahan baku abu kertas koran diperoleh densitas serbuk, kuat tekan, kadar hilang pijar, kadar bagian tak larut, kadar SO_3 , kadar SO_2 berturut-turut 0.0203 g/cm³; 9.45 kN; 0.07 %; 9.78%; 6.56%; 73.78%.

- "Prediksi Kuat Tekan Semen Untuk Produk Portland Composite Cement (Pcc) Di Pt. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Menggunakan Support Vector Regression (Svr) Dengan Feature Selection," *Jurnal Sains Dan Seni Its*, Vol. 8, No. 2, 2019.
- [6] S. Mulyono, D. Azizah, And H. Setiyabudi, "Optimasi Channel Xrd Arl 9900 Sebagai Metode Alternatif Untuk Analisa Limestone Dalam Semen," *Politeknologi*, Vol. 17, No. 3, Pp. 239–249, 2018.
 - [7] N. Irawati, N. T. Putri, And A. Herryandie, "Strategi Perencanaan Jumlah Material Tambahan Dalam Memproduksi Semen Dengan Pendekatan Taguchi Untuk Meminimalkan Biaya Produksi (Studi Kasus Pt Semen Padang)," *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, Vol. 14, No. 1, Pp. 176–191, 2015.
 - [8] M. S. Amin, M. Ghulam, And T. Yayuk, "Pengaruh Penambahan Batu Kapas (Limestone) Terhadap

- Karakteristik Semen," *Construction And Material Journal*, Vol. 1, No. 2, Pp. 141–150, 2019.
- [9] Narita And Mawardi, "Pengaruh Variasi Temperatur Curing Terhadap Bagian Tak Larut Dan Hilang Pijar Semen Geopolimer Berbasis Tanah Napa Pesisir Selatan," *Journal Of Residu*, Vol. 3, No. 19, Pp. 125–130, 2019.
- [10] K. Erianto And M. Darmawan, "Suggestion To Improve The Quality Of SO_3 Levels In Opc Cement Using The Six Sigma Method At Pt - Itp Tbk.," *Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa Dan Inovasi*, Pp. 61–72, 2020.