

STUDI PENGARUH PENAMBAHAN WATERGLASS DAN LIMBAH KARBIT SEBAGAI
SUBSTITUSI SEBAGIAN SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN DAN
KUAT TARIK BELAH PADA BETON

Irianto¹, Parea R. Rangan^{2*}, Ermitha A.R Dendo³, Gersony Miri⁴, Fery D. Biang⁵, Rael Rabang
Matasik⁶, Agustina Lumembang⁷

Email : irian.anto@gmail.com, pareausanrangan68@gmail.com, ambun.rombe@gmail.com, gersony.miri@gmail.com, fery.pu@gmail.com,
raelayeng@gmail.com, agsutinal@gmail.com

¹ Universitas Yapis, Papua, Indonesia

^{2,3,4,5,6,7} Universitas Kristen Indonesia Toraja, Rantepao (91832), Indonesia

*corresponding author

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Kata Kunci_1 Beton
Kata Kunci_2 Waterglass
Kata Kunci_3 Limbah Karbit

Beton merupakan bahan konstruksi yang mempunyai banyak kelebihan dan mudah dikerjakan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan Waterglass dan Limbah Karbit sebagai substitusi sebagian semen pada beton. Dari hasil penelitian diperoleh Kuat tekan beton normal pada umur 28 hari sebesar 25,67 Mpa, sedangkan pada umur beton 28 hari, beton dengan variasi waterglass 4% dan limbah karbit 4% memiliki kuat tekan sebesar 27,18 Mpa atau naik 5,88%, beton dengan variasi bahan waterglass 6% dan limbah karbit 6% memiliki kuat tekan sebesar 28,03 Mpa atau naik 9,19% , beton dengan variasi waterglass 8% dan limbah karbit 8 % memiliki kuat tekan sebesar 30,10 Mpa atau naik 17,26% dari kuat tekan beton normal. Kuat tarik belah beton normal pada umur 28 hari sebesar 2,52 Mpa. Sedangkan pada beton umur 28 hari, beton dengan variasi waterglass 4% dan limbah karbit 4% memiliki nilai kuat tarik belah sebesar 2,62 Mpa atau naik 3,97% , beton dengan variasi waterglass 6% dan limbah karbit 6% memiliki nilai kuat tarik belah sebesar 2,74 Mpa atau naik 8,73%, beton dengan variasi waterglass 8% dan limbah karbit 8% memiliki nilai kuat tarik belah sebesar 2,97 Mpa atau naik 17,86% dari kuat tarik belah beton normal. Dengan menambahkan kedua bahan ini sebagai substitusi sebagian semen pada campuran beton diharapkan dilakukan penelitian selanjutnya dengan benda uji kubus beton dengan variasi penggunaan waterglass dan limbah karbit sebagai substitusi semen yang sama pada beton mutu tinggi.

Keywords:Keywords_1 *Concrete*Keywords_2 *Waterglass*Keywords_3 *Carbide Waste***ABSTRACT**

Concrete is a construction material with several advantages and is simple to use. The purpose of this study is to learn more about the advantages of using carbide waste and Waterglass as substitutes for various types of cement in building. The goal of this study is to understand the advantages of using carbide waste and waterglass as substitutes for various types of cement in building. The results showed that the normal compressive strength of concrete at 28 days of age was 25,67 Mpa, while at 28 days of concrete, concrete with 4% waterglass variation and 4% carbide waste had a compressive strength of 27,18 Mpa or an increase of 5,88%. , concrete with a variation of 6% waterglass and 6% carbide waste has a compressive strength of 28,03 Mpa or an increase of 9,19%, concrete with a variation of 8% waterglass and 8% carbide waste has a compressive strength of 30,10 MPa or an increase of 17,26% of the compressive strength of normal concrete. The normal split tensile strength of concrete at the age of 28 days is 2,52 MPa. Whereas in concrete aged 28 days, concrete with 4% waterglass variation and 4% carbide waste has a split tensile strength value of 2,62 MPa or an increase of 3,97%, concrete with 6% waterglass variation and 6% carbide waste has a tensile strength value split of 2,74 MPa or an increase of 8,73%, concrete with 8% waterglass variation and 8% carbide waste has a split tensile strength value of 2,97 MPa or an increase of 17,86% from the split tensile strength of normal concrete. By adding these two materials as a partial substitution of cement in the concrete mixture, it is hoped that further research will be carried out with concrete cube test specimens with variations in the use of waterglass and carbide waste as substitutes for the same cement in high quality concrete.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](#) license.

**I. Pendahuluan (bold, 10 pt)****Latar belakang**

Beton merupakan salah satu pilihan sebagai bahan struktur dalam suatu pembangunan. Beton sangat diminati oleh konsumen karena bahan ini merupakan bahan konstruksi yang mempunyai banyak kelebihan antara lain, mudah dikerjakan dengan cara mencampurkan semen, agregat, air dan bahan tambah lain bila diperlukan dengan perbandingan tertentu, ekonomis, dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan yang dikehendaki, mampu menerima kuat tekan dengan baik, tahan aus, rapat air dan mudah perawatannya, sehingga beton sangat populer dipakai baik untuk struktur-struktur besar maupun kecil.

Beton memang mempunyai banyak kelebihan. Namun, selain kelebihan ada juga kekurangannya seperti biasanya terjadi kerusakan-kerusakan baik itu kerusakan ringan atau berat yang dialami oleh sebuah beton. Kerusakan tersebut seperti pengelupasan pada permukaan beton, terjadinya keretakan, terjadinya pengeroposan pada beton dan beton yang tidak rata. Untuk mengatasi agar tidak terjadinya kerusakan-kerusakan tersebut perlu ditingkatkan lagi mutu dari beton tersebut. Salah satu upaya untuk meningkatkan mutu sebuah beton dapat dilakukan dengan memberikan bahan tambah maupun bahan pengganti yang biasanya digunakan pada campuran beton. Dari beberapa bahan pengganti yang tengah dikembangkan saat ini salah satunya ialah waterglass dan limbah karbit yang pada Penelitian ini akan digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen.

II. Metode

Sebelum melakukan sesuatu kegiatan, terlebih dahulu mengetahui dan merencanakan prosedur penelitian sehingga dapat menjadi pedoman dalam pelaksanaan penelitian, hal ini dilakukan untuk menghindari kesalahan-kesalahan pada saat melakukan penelitian. Dalam tahap ini melakukan penyusunan rencana yang perlu dilakukan agar efisiensi dan efektifitas waktu dan pelaksanaan penelitian. Pada tahap ini juga dilakukan pengamatan pendahuluan agar didapat gambaran umum dalam mengidentifikasi dan rumusan masalah. Untuk kelancaran proses penelitian maka tahap yang akan dilakukan yaitu :

1. Teknik Pengumpulan Data

- a. Studi kepustakaan (*Library Research Method*) yaitu mencari data dan mempelajari data-data dari buku dan karya-karya ilmiah, serta *browsing* internet yang berkaitan dengan topik yang dibahas.
- b. Studi Lapangan (*Field Research Method*) yaitu tahap yang dilakukan dengan mengumpulkan bahan-bahan serta peralatan yang akan digunakan pada penelitian ini.
- c. Studi Eksperimental (*Study Experimental*) yaitu tahap yang dilakukan dengan mengadakan pengujian sampel di dalam Laboratorium Teknik Sipil Universitas Kristen Indonesia Toraja.

2. Data-data yang dibutuhkan

a. Pengumpulan Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil perhitungan di laboratorium seperti :

- a. Analisa saringan agregat.
- b. Berat jenis dan penyerapan.
- c. Pemeriksaan berat isi agregat.
- d. Pemeriksaan kadar air agregat.
- e. Pemeriksaan kadar lumpur.
- f. Pemeriksaan keausan agregat.
- g. Perbandingan dalam campuran beton (*Mix design*).
- h. Kekentalan adukan beton segar (*Slump*).
- i. Uji Kuat tekan beton.
- j. Uji kuat tarik belah beton.

b. Pengumpulan data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan teknik beton (literatur). Dan data teknis yang didapat berasal dari SNI-03-2834- (2000), ASTM, serta buku-buku atau literature sebagai penunjang guna untuk memperkuat suatu penelitian yang dilakukan. Pemeriksaan karakteristik agregat yaitu : kadar air, kadar lumpur, berat jenis, berat isi, Analisa saringan, keausan agregat. Limbah karbit disaring dengan saringan nomor 200. Pemeriksaan karakteristik agregat halus dan kasar harus memenuhi spesifikasi SNI agar memenuhi syarat untuk digunakan dalam campuran beton.

Selanjutnya dilakukan *mix design* campuran beton sesuai rencana mendapatkan mutu beton $f'c$ 25 MPa. Jumlah campuran beton per 1 m^3 untuk semen, air, agregat kasar, agregat halus dengan bahan tambah digunakan *Waterglass*. Pembuatan sampel uji silinder dengan variasi limbah karbit sebesar 4%, 6%, 8% dari berat semen dengan bahan tambah *waterglass* tetap sebesar 6%. Kemudian dibuat perbandingan dengan sampel tanpa limbah karbit dan *waterglass*. Sampel di uji kuat tekan dan kuat Tarik belah pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari.

III. Hasil dan Pembahasan

Deskripsi Penelitian

Nama Penelitian :Pembangunan Jembatan Sa'dan Minanga
 Tempat penelitian : Laboratorium Teknik Sipil universitas Kristen Indonesia
 Waktu Pelaksanaan : 2 bulan
 Tahun penelitian : 2023

Hasil Uji Workabilitas Dengan Alat Slump Test

Benda Uji	Slump (cm)
Beton Normal dan bahan Waterglass dan Limbah Karbit Sebagai Bahan Substitusi Sebagian Semen	6 -10 cm

Sumber : Hasil Penelitian di Laboratorium, 2023

Hasil Uji Kuat Tekan Beton Umur 3 Hari

Kode	Umur	variasi	Berat	Luas Silinder (A)	Beban (P)	Kuat Tekan (F'c)	Kuat Tekan Rata-Rata
	Hari		(Kg)	(Mm ²)	(N)	(Mpa)	(Mpa)
BN.1	3	0%	11,55	17662,5	205000	11,61	13,68
BN.2			11,87	17662,5	245000	13,87	
BN.3			11,54	17662,5	275000	15,57	
BT4.1	3	4%	11,83	17662,5	235000	13,31	14,34
BT4.2			11,72	17662,5	265000	15,00	
BT4.3			11,76	17662,5	260000	14,72	
BT6.1	3	6%	11,90	17662,5	275000	15,57	15,38
BT6.2			11,87	17662,5	260000	14,72	
BT6.3			11,93	17662,5	280000	15,85	
BT8.1	3	8%	11,84	17662,5	285000	16,14	16,42
BT8.2			12,29	17662,5	290000	16,49	
BT8.3			12,23	17662,5	295000	16,70	

Sumber: Hasil Penelitian di Laboratorium, 2023

Hasil Uji Kuat Tekan Beton Umur 7 Hari

Kode	Umur	variasi	Berat	Luas Silinder (A)	Beban (P)	Kuat Tekan (F'c)	Kuat Tekan Rata-Rata
	Hari						(Kg)
BN.1	7	0%	11,68	17662,5	305000	17,27	17,923
BN.2			11,70	17662,5	335000	18,97	
BN.3			11,68	17662,5	310000	17,55	
BT4.1	7	4%	11,89	17662,5	335000	18,97	19,16
BT4.2			11,88	17662,5	350000	19,82	
BT4.3			11,58	17662,5	330000	18,68	
BT6.1	7	6%	11,91	17662	345000	19,53	20,00
BT6.2			12,02	17662,5	350000	19,82	
BT6.3			11,92	17662,5	365000	20,67	
BT8.1	7	8%	12,21	17662,5	380000	21,52	21,04
BT8.2			12,05	17662,5	370000	20,95	
BT8.3			12,18	17662,5	365000	20,67	

Sumber: Hasil Penelitian di Laboratorium, 2023

Hasil uji Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

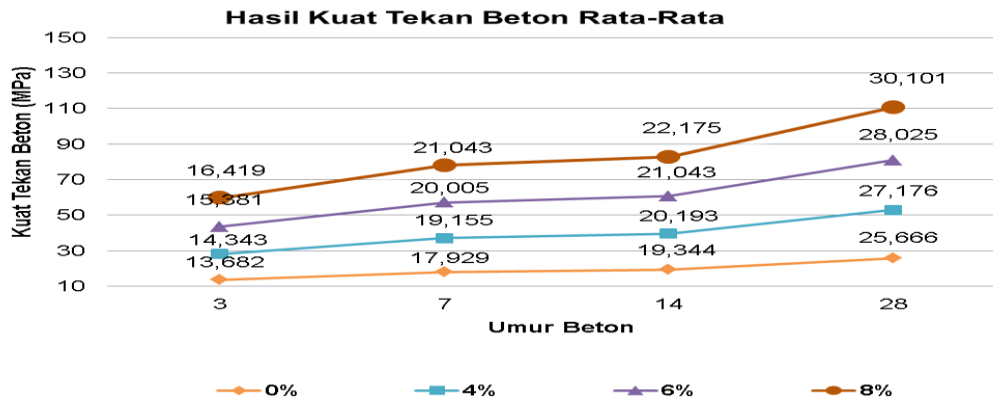
Kode	Umur	variasi	Berat	Luas Silinder (A)	Beban (P)	Kuat Tekan (F'c)	Kuat Tekan Rata-Rata
	Hari						(Kg)
BN.1	14	0%	11,65	17662,5	325000	18,40	19,34
BN.2			11,70	17662,5	340000	19,25	
BN.3			11,83	17662,5	360000	20,38	
BT4.1	14	4%	11,85	17662,5	345000	19,53	20,19
BT4.2			11,69	17662,5	365000	20,67	
BT4.3			11,89	17662,5	360000	20,38	
BT6.1	14	6%	11,95	17662,5	375000	21,23	21,04
BT6.2			12,03	17662,5	360000	20,38	
BT6.3			11,89	17662,5	380000	21,52	
BT8.1	14	8%	12,15	17662,5	385000	21,80	22,18
BT8.2			12,12	17662,5	400000	22,65	
BT8.3			12,26	17662,5	390000	22,08	

Sumber: Hasil Penelitian di Laboratorium, 2023

Hasil Uji Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Kode	Umur	variasi	Berat	Luas Silinder (A)	Beban (P)	Kuat Tekan (F'c)	Kuat Tekan Rata-Rata
	Hari						
BN.1	28	0%	11,76	17662,5	465000	26,33	25,67
BN.2			11,64	17662,5	450000	25,48	
BN.3			11,82	17662,5	445000	25,19	
BT4.1	28	4%	11,74	17662,5	485000	27,46	27,18
BT4.2			11,80	17662,5	480000	27,18	
BT4.3			11,93	17662,5	475000	26,89	
BT6.1	28	6%	12,07	17662,5	480000	27,18	28,03
BT6.2			12,03	17662,5	495000	28,03	
BT6.3			12,11	17662,5	510000	28,88	
BT8.1	28	8%	12,12	17662,5	525000	29,72	30,10
BT8.2			12,35	17662,5	530000	30,01	
BT8.3			12,47	17662,5	540000	30,57	

Sumber: Hasil Penelitian di Laboratorium, 2023



Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton Umur 3 Hari

Kode	Umur (hari)	variasi	Berat (kg)	Dimensi		Beban (N)	Kuat tarik belah (Mpa)	Rata-Rata (Mpa)
				D (mm)	T (mm)			
BN.1	3	0%	11,73	150	300	120000	1,70	1,77
BN.2			11,82	150	300	125000	1,77	
BN.3			11,68	150	300	130000	1,84	
BT3.1	3	4%	11,89	150	300	125000	1,77	1,82
BT3.2			11,93	150	300	120000	1,70	

BT3.3			11,82	150	300	140000	1,98	
BT7.1	3	6%	11,96	150	300	135000	1,91	1,89
BT7.2			11,63	150	300	130000	1,84	
BT7.3			11,89	150	300	135000	1,91	
BT10.1	3	8%	11,95	150	300	130000	1,84	1,96
BT10.2			11,64	150	300	135000	1,91	
BT10.3			11,45	150	300	150000	2,12	

Sumber: Hasil Penelitian di Laboratorium, 2022

Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton Umur 7 Hari

Kode	Umur (hari)	variasi	Berat (kg)	Dimensi		Beban (N)	Kuat tarik belah (Mpa)	Rata-Rata (Mpa)
				D (mm)	T (mm)			
BN.1	7	0%	11,90	150	300	145000	2,05	2,05
BN.2			11,82	150	300	160000	2,27	
BN.3			11,82	150	300	130000	1,84	
BT4.1	7	4%	11,92	150	300	140000	1,98	2,12
BT4.2			11,95	150	300	150000	2,12	
BT4.3			11,78	150	300	160000	2,27	
BT6.1	7	6%	11,86	150	300	145000	2,05	2,24
BT6.2			11,89	150	300	160000	2,27	
BT6.3			11,86	150	300	170000	2,41	
BT8.1	7	8%	12,25	150	300	165000	2,34	2,34
BT8.2			12,25	150	300	155000	2,19	
BT8.3			11,89	150	300	175000	2,48	

Sumber: Hasil Penelitian di Laboratorium, 2022

Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton Umur 7 Hari

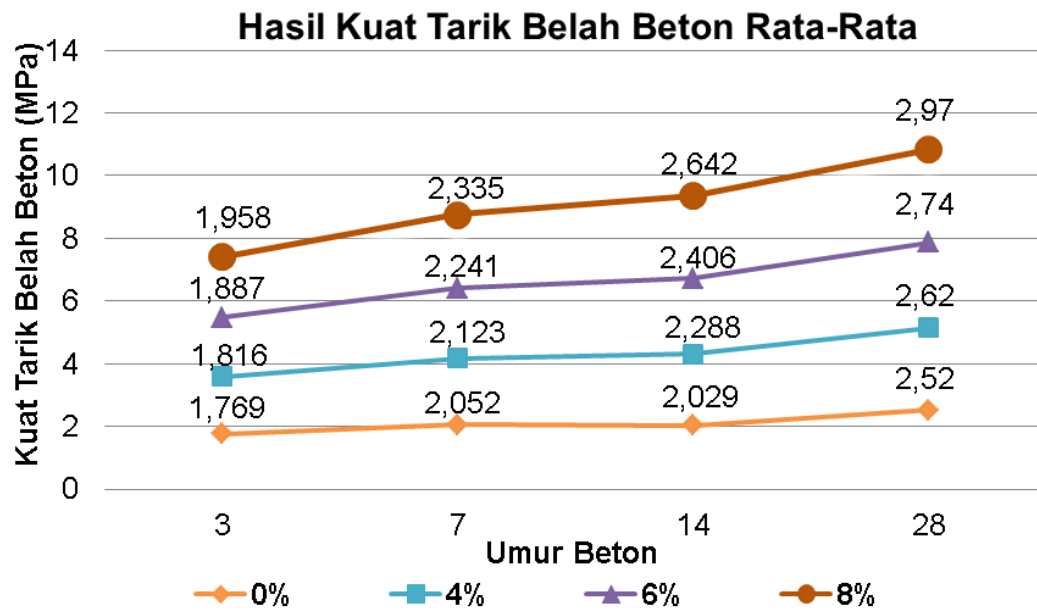
Kode	Umur (hari)	variasi	Berat (kg)	Dimensi		Beban (N)	Kuat tarik belah (Mpa)	Rata-Rata (Mpa)
				D (mm)	T (mm)			
BN.1	7	0%	11,90	150	300	145000	2,05	2,05
BN.2			11,82	150	300	160000	2,27	
BN.3			11,82	150	300	130000	1,84	
BT4.1	7	4%	11,92	150	300	140000	1,98	2,12
BT4.2			11,95	150	300	150000	2,12	
BT4.3			11,78	150	300	160000	2,27	
BT6.1	7	6%	11,86	150	300	145000	2,05	2,24
BT6.2			11,89	150	300	160000	2,27	
BT6.3			11,86	150	300	170000	2,41	
BT8.1	7	8%	12,25	150	300	165000	2,34	2,34
BT8.2			12,25	150	300	155000	2,19	
BT8.3			11,89	150	300	175000	2,48	

Sumber: Hasil Penelitian di Laboratorium, 2022

Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton Umur 28 Hari

Kode	Umur (hari)	variasi	Berat (kg)	Dimensi		Beban (N)	Kuat tarik belah (Mpa)	Rata-Rata (Mpa)
				D (mm)	T (mm)			
BN.1	28	0%	12,13	150	300	170000	2,41	2,52
BN.2			11,92	150	300	175000	2,48	
BN.3			11,80	150	300	190000	2,69	
BT3.1	28	4%	12,03	150	300	180000	2,55	2,62
BT3.2			12,06	150	300	185000	2,62	
BT3.3			11,99	150	300	190000	2,69	
BT7.1	28	6%	12,32	150	300	185000	2,62	2,74
BT7.2			11,90	150	300	200000	2,83	
BT7.3			12,44	150	300	195000	2,76	
BT10.1	28	8%	12,12	150	300	220000	3,11	2,97
BT10.2			12,37	150	300	200000	2,83	
BT10.3			12,29	150	300	210000	2,97	

Sumber: Hasil Penelitian di Laboratorium, 2022



Gambar 3.1. Pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah

IV. Kesimpulan

1. Penambahan Waterglass dan Limbah Karbit sebagai bahan substitusi sebagian semen untuk campuran beton sangat berpengaruh pada uji kuat tekan beton. Pada penambahan waterglass 4% dan limbah karbit 4%, waterglass 6% dan limbah karbit 6%, waterglass 8% dan limbah karbit 8% sebagai substitusi semen pada beton dapat meningkatkan kuat tekan beton. Kuat tekan beton normal pada umur 28 hari sebesar 25,67 Mpa sedangkan pada umur beton 28 hari, beton dengan variasi waterglass 4% dan limbah karbit 4% memiliki kuat tekan sebesar 27,18 Mpa atau naik 5,88%, beton dengan variasi bahan waterglass 6% dan limbah karbit 6% memiliki kuat tekan sebesar 28,03 Mpa atau naik 9,19% , beton dengan variasi waterglass 8% dan limbah karbit 8% memiliki kuat tekan sebesar 30,10 Mpa atau naik 17,26% dari kuat tekan beton normal. Maka dari penelitian ini dapat diketahui semakin besar presentase penambahan waterglass dan limbah karbit sebagai substitusi semen dalam campuran beton nilai kuat tekan beton semakin naik di bandingkan dengan beton normal.
2. Pada penambahan Waterglass dan Limbah Karbit sebagai bahan substitusi sebagian semen untuk campuran beton sangat berpengaruh pada uji kuat tarik belah. Pada beton normal umur 28 hari memiliki nilai kuat tarik belah sebesar 2,52 Mpa. Sedangkan pada beton umur 28 hari, beton dengan variasi waterglass 4% dan limbah karbit 4% memiliki nilai kuat tarik belah sebesar 2,62 Mpa atau naik 3,97% , beton dengan variasi waterglass 6% dan limbah karbit 6% memiliki nilai kuat tarik belah sebesar 2,74 Mpa atau naik 8,73%, beton dengan variasi waterglass 8% dan limbah karbit 8% memiliki nilai kuat tarik belah sebesar 2,97 Mpa atau naik 17,86% dari kuat tarik belah beton normal. Maka dari hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa nilai kuat tarik belah beton yang menggunakan campuran waterglass dan limbah karbit lebih tinggi dari beton normal. Dan semakin tinggi penggunaan presentase penambahan waterglass dan limbah karbit sebagai substitusi semen pada campuran beton nilai kuat tarik belah beton akan semakin tinggi dibandingkan dengan beton normal.

V. DAFTAR PUSTAKA

- _____, 2008, SNI 1969:2008 (Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar), Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- . _____, 2008, SNI 1970:2008 (Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus), Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- _____. 2014. Hasil Analisa Kimia Limbah Karbit. Yogyakarta: Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungpian Yogyakarta.
- _____. 1990. SK SNI S-36-1990-03 Spesifikasi Beton Bertulang Kedap Air. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- _____. 2002. SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Bandung: Badan Standar Nasional.
- Ade, S. 2014. Studi Tegangan Tarik Beton. Yogyakarta: Penerbit Andi Dermawan, K. 2013. Studi pemanfaatan limbah karbit dan Fly ash untuk campuran beton siap pakai. Jurusan Presipitasi Fakultas Teknik. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Dewi, NR. 2016. 34 Studi pemanfaatan limbah B3 Karbit dan Fly Ash. Jurnal Undip Mulyono, T. 2013. Teknologi Beton. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Verra Deivy Rengkeng, 2013. "Pemeriksaan Kuat Tarik Belah & Kuat Tarik Lentur Beton Ringan Beragregat Kasar Batu Ape Dari Kepulauan Talaud". Skripsi Fakultas Teknik UNSRAT, Man

- Setiawan, Budi. Susanto, adi. Silviati."Waterglass Sebagai Bahan Tambahan Untuk Menambah Daya Kedap air Pada Beton."Jurnal Fakultas Teknik Universitas Borobudur (2013).
- Makmur,Naswir. Harahap,Sahrul. Patriotika,F."Analisa Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Limbah Las Karbit Sebagai Pengganti Sebagian Semen." Jurnal Graha Nusantara. Padang (2017).
- Aninda,Dita. Achir,Putri. Fajar,Muhammad. Ratna,Dianita. "Kajian Eksperimental Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Limbah Las Karbit Pada Mortar." Jurnal Wahana TEKNIK SIPIL Vol. 24 (2019).
- Tokede,Brian BP."Pengaruh Penggunaan Bottom Ash Batu Bara dan Limbah Karbitsebagai Substitusi Semen Pada Campuran Paving Block." Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Vol 1 Nomor 01/rekat/18 (2018), 40 – 48.
- Mahendra,Pandu."Pemanfaatan Limbah Karbit Sebagai Material Pengganti Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Normal."Surabaya.
- Gunarti,Anita SS. Subari."Pengaruh Penambahan Waterglass Pada Sifat Mekanik Beton." Jurnal BENTANG Vol.1 no.1 Januari 2013.
- Agus,Irzal."Pemanfaatan Limbah Las Karbit Terhadap Nilai Kuat Tekan Beton." Bau-Bau.
- Parea Rusan Rangan, 2021. Implementasi dan implikasi pembangunan berkelanjutan di Indonesia : target dan strategi, Volume 1, Penerbit Tohar Media, Makassar.
- Parea Rusan Rangan, M. Tumpu, Mansyur, 2024. Combination of river stone and river sand in North Luwu district, Indonesia with Marble Ash as Filler towards Marshall Characteristics. International Conference on Green Civil and Environmental Engineering (GCEE), Volume 4 No.1, AIP Proceeding.
- Parea Rusan Rangan, 2023. Kapasitas Elemen Struktur terhadap Beban Gempa, Penerbit Tohar Media, Makassar