

**PENGARUH PENAMBAHAN *ADMIXTURE* NAPTHA E121 TERHADAP
PERKEMBANGAN KEKUATAN BETON *RIGID PAVEMENT***

(Skripsi)

Oleh
SINUNG GISTYANTORO
(1815011011)



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

**PENGARUH PENAMBAHAN *ADMIXTURE* NAPTHA E121 TERHADAP
PERKEMBANGAN KEKUATAN BETON *RIGID PAVEMENT***

**Oleh
SINUNG GISTYANTORO**

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Program Studi S1 Teknik Sipil
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRACT

EFFECT OF ADDITIONAL ADMIXTURE NAPHTHA E121 ON THE STRENGTH DEVELOPMENT OF RIGID PAVEMENT CONCRETE

By

SINUNG GISTYANTORO

Concrete is a mixture of Portland cement, fine aggregate, coarse aggregate and water with or without admixtures. In some conditions of road construction work with rigid pavements, it is desirable that the resulting concrete has high initial strength so that construction time can be shortened. The strength of concrete at an early age can be increased by adding admixtures. The admixture used in this study was Naptha E121 which belongs to the type E admixture.

This study aims to analyze the effect of variations in the concrete mixture with Naptha E121 admixture on the compressive strength and flexural strength of concrete, as well as to determine the optimum variation for the compressive strength and flexural strength of rigid pavement concrete. This study made concrete mixtures with 3 variations of mix percentage, namely 0%, 1% and 1.25% with a total of 36 cylinder samples and 36 beam samples. The dimensions of the cylindrical samples were 15 cm in diameter and 30 cm high, while the dimensions of the beam samples used were 15x15x60 cm.

Tests carried out in the form of workability, compressive strength and flexural strength tests of concrete at the age of 3 days, 7 days, 14 days and 28 days. The results showed that the addition of Naptha E121 admixture affected workability. This is indicated by the greater the admixture percentage used, the greater the decrease in the slump value. The addition of Naptha E121 admixture showed that the concrete produced higher compressive strength and flexural strength compared to normal concrete. For concrete aged 28 days, the highest compressive strength was obtained at a percentage of 36.746 MPa at 1.25% and 6.884 MPa greater than normal concrete, while the highest flexural strength was obtained at a percentage of 1% at 5.141 MPa and 0.495 MPa higher than concrete normal. The optimum level obtained for compressive and flexural strength is obtained at a percentage of 1%.

Key words : Naptha E121, High Early, Admixture, Compressive Strength, Flexural Strength

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN *ADMIXTURE* NAPHTHA E121 TERHADAP PERKEMBANGAN KEKUATAN BETON *RIGID PAVEMENT*

Oleh

SINUNG GISTYANTORO

Beton adalah campuran antara semen *portland*, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*). Pada beberapa kondisi pekerjaan konstruksi jalan dengan perkerasan kaku atau *rigid pavement* diinginkan agar beton yang dihasilkan memiliki kekuatan awal tinggi sehingga waktu pengerjaan konstruksi dapat dipersingkat. Kekuatan beton pada umur awal dapat ditingkatkan dengan bahan tambah (*admixture*). *Admixture* yang digunakan dalam penelitian ini adalah Naptha E121 yang tergolong dalam *admixture* tipe E.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi campuran beton dengan *admixture* Naptha E121 terhadap kuat tekan dan kuat lentur beton, serta mengetahui variasi/kadar optimum untuk kuat tekan dan kuat lentur beton *rigid pavement*. Penelitian ini membuat campuran beton dengan 3 variasi persentase campuran yaitu 0%, 1% dan 1,25% dengan total benda uji 36 sampel silinder dan 36 sampel balok. Dimensi benda uji sampel silinder adalah diameter 15 cm dan tinggi 30 cm sedangkan dimensi benda uji balok yang digunakan adalah 15x15x60 cm.

Pengujian yang dilakukan berupa pengujian *workability*, kuat tekan dan kuat lentur dari beton pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan penambahan *admixture* Naptha E121 mempengaruhi *workability*. Hal ini ditunjukkan yaitu dengan semakin besar persentase *admixture* yang digunakan maka akan semakin besar juga penurunan nilai *slump*. Penambahan *admixture* Naptha E121 menunjukkan beton menghasilkan kuat tekan dan kuat lentur yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal. Pada beton dengan umur 28 hari didapatkan hasil kuat tekan terbesar sebesar 36,746 MPa pada persentase 1,25% dan lebih besar 6,884 MPa dibanding beton normal, sedangkan untuk kuat lentur tertinggi diperoleh pada persentase 1% sebesar 5,141 MPa dan lebih tinggi 0,495 MPa dibandingkan dengan beton normal. Kadar optimum yang diperoleh untuk kuat tekan dan lentur didapatkan pada persentase 1%.

Kata kunci : Naptha E121, Awal Tinggi, *Admixture*, Kuat Tekan, Kuat Lentur

Judul Skripsi : **PENGARUH PENAMBAHAN *ADMIXTURE*
NAPTHA E121 TERHADAP PERKEMBANGAN
KEKUATAN BETON *RIGID PAVEMENT***

Nama Mahasiswa : **Sinung Gistyantoro**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1815011011

Jurusan : Teknik Sipil

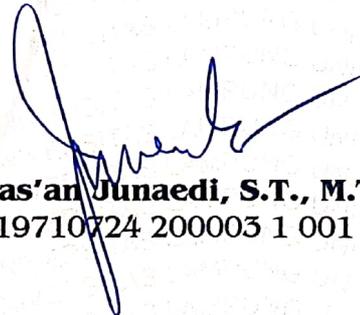
Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

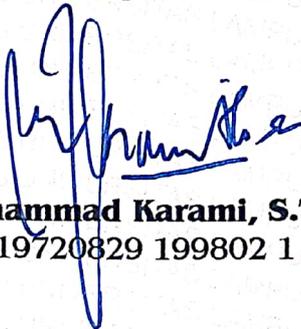


Ir. Vera Agustriana N, S.T., M.T., Ph.D.
NIP 19740831 200003 2 002



Ir. Tas'an Junaedi, S.T., M.T.
NIP 19710724 200003 1 001

2. Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil



Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 19720829 199802 1 001

3. Ketua Jurusan Teknik Sipil



Ir. Laksmi Irianti, M.T.
NIP 19620408 198903 2 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Ir. Vera Agustriana N, S.T., M.T., Ph.D.**

Sekretaris : **Ir. Tas'an Junaedi, S.T., M.T.**

Penguji
Bukan Pembimbing : **Ir. Surya Sebayang, S.T., M.T.**

2. Dekan Fakultas Teknik


Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.)
NIP. 19750928-200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **14 Februari 2023**

SURAT PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : SINUNG GISTYANTORO
Nomor Pokok Mahasiswa : 1815011011
Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan *Admixture* Naptha E121
Terhadap Perkembangan Kekuatan Beton *Rigid Pavement*
Jurusan : Teknik Sipil

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini merupakan bagian dari penelitian dosen Ir. Vera A. Noorhidana, S.T., M.T., Ph.D. dengan judul :

“Studi Eksperimental Penambahan *Accelerator Admixture* Pada Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton *Fast Track* untuk Diaplikasikan Pada Jalan Beton”.

Adapun judul yang dihasilkan dari penelitian tersebut adalah :

“Pengaruh Penambahan *Admixture* Naptha E121 Terhadap Perkembangan Kekuatan Beton *Rigid Pavement*”

Semua tulisan yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti Kaidah Penulisan Karya Ilmiah Universitas Lampung.

Bandar Lampung, 2023

Penulis



SINUNG GISTYANTORO
NPM 1815011011

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Gisting Atas pada tanggal 03 Januari 2000, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Anung Sukoco dan Ibu Wiyati. Penulis memiliki dua orang saudara, yaitu kakak laki-laki yang bernama Ade Surya Kusuma dan adik laki-laki yang bernama Wiyandanu Setyoko. Penulis memulai jenjang pendidikan tingkat dasar di SD N 3 Gisting Atas yang diselesaikan pada tahun 2012, lalu dilanjutkan pendidikan tingkat pertama di SMP N 1 Gisting yang diselesaikan pada tahun 2015, dan dilanjutkan menempuh pendidikan tingkat atas di SMA N 1 Gadingrejo.

Penulis diterima di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN pada tahun 2018. Selama menjadi mahasiswa, penulis berperan aktif di dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung sebagai anggota Departemen Usaha dan Karya Periode 2019-2020, kemudian pada periode 2020-2022 penulis menjadi kepala Departemen Usaha dan Karya Periode 2020-2022.

Penulis telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) periode I di Desa Gisting Permai, Kecamatan Gisting, Tanggamus selama 40 hari, Februari-Maret 2021. Di tahun yang sama, penulis juga telah melakukan kerja praktik di Proyek Pembangunan Gedung Kantor Direktorat Jenderal Bea Cukai Sumatera Bagian Barat, Bandar Lampung selama 3 bulan. Penulis mengambil tugas akhir dengan judul “Pengaruh Penambahan *Admixture* Naptha E121 Terhadap Perkembangan Kekuatan Beton *Rigid Pavement*”.

PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini saya persembahkan teruntuk orang tua saya
tercinta, keluarga, sahabat, dan teman.

&

Semua pihak yang selalu memberi semangat dan motivasi

MOTTO

“..Sesudah kesulitan pasti ada kemudahan..”

(QS. Al Insyirah: 6)

“Keberhasilan bukanlah milik orang
yang pintar. Keberhasilan adalah
kepunyaan mereka yang senantiasa
berusaha”

(B.J. Habibie)

“Filosofi meluaskan pandangan serta mempertajam pikiran”

(Mohammad Hatta)

“Agama dilahirkan untuk kedamaian, bukan untuk kekerasan”

(Abdurrahman Wahid)

“Setiap orang menjadi guru, setiap rumah menjadi sekolah”

(Ki Hajar Dewantara)

“Siapa yang tidak bekerja tidak akan makan”

(Tan Malaka)

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah senantiasa memberikan rahmat dan anugerah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Penambahan *Admixture* Naptha E121 Terhadap Perkembangan Kekuatan Beton *Rigid Pavement*”**. dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan petunjuk, kekuatan, kesabaran, dan pertolongan yang tiada henti, serta senantiasa memberikan berkah ilmu kepada setiap hamba-Nya.
2. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Ibu Ir. Laksmi Irianti, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.
4. Bapak Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Lampung.
5. Ibu Ir. Vera Agustriana N., S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama atas kesediannya meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan, ide-ide, dan saran serta kritik dalam proses penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Tas'an Junaedi, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Kedua atas kesediannya meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, arahan, ide-ide, dan saran serta kritik dalam proses penyusunan skripsi ini.
7. Bapak Ir. Surya Sebayang, M.T., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan arahan kepada penulis guna penyempurnaan skripsi ini.

8. Ibu Vera Agustriana Noorhidana, S.T., M.T., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membantu penulis selama perkuliahan.
9. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan kepada penulis, serta seluruh karyawan jurusan atas bantuannya kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
10. Kedua orang tua tercinta, Bapak Anung Sukoco dan Ibu Wiyati yang telah dengan tulus, penuh kasih sayang, dan kesabaran dalam memberikan dorongan, dukungan, nasihat serta doa yang tidak pernah putus sehingga penulis dapat menyelesaikan segala proses perkuliahan.
11. Kakak dan adik tersayang Ade Surya Kusuma dan Wiyandanu Setyoko yang selalu menemani, mengingatkan, menghibur dan memberi dukungan untuk penulis.
12. *Motherkis Group* (Eko, Lucky, Frendi, Febryan, Bagus, Firas, Agoy, dan Wirawan) yang selalu membantu dan menemani berbagi suka dan duka.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan, namun penulis berharap semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan, khususnya bagi penulis pribadi.

Bandar Lampung, Januari 2023

Penulis,



Sinung Gistyantoro

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR GAMBAR	
DAFTAR TABEL	
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Tujuan Penelitian	6
1.4. Batasan Masalah.....	6
1.5. Manfaat Peneltian.....	7
1.6. Sistematika Penulisan	7
 II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Perkerasan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>)	9
2.2. Bahan Penyusun <i>Rigid Pavement</i>	12
2.3. Konsep <i>High Early Strength Concrete</i>	18
2.4. Mekanisme Kerja <i>Admixture</i>	19
2.5. Landasan Teori.....	19
2.6. Penelitian Sebelumnya	24
 III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Umum.....	27
3.2. Metode Eksperimental	27
3.3. Bahan.....	29
3.4. Peralatan	30
3.5. Diagram Alir Penelitian	33
3.6. Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	34

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Umum.....	42
4.2. Hasil Pemeriksaan Nilai <i>Slump</i>	43
4.3. Hasil Pemeriksaan Kuat Tekan	45
4.4. Hasil Pemeriksaan Kuat Lentur	52
4.5. Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Lentur	55

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Kesimpulan	56
5.2. Saran.....	57

DAFTAR PUSTAKA

Lampiran A Hasil Uji Material

Lampiran B *Mix Design*

Lampiran C Data Hasil Pengujian

Lampiran D Foto Penelitian

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Benda Uji Kuat Tekan Beton (Silinder)	20
2. Balok Sederhana yang Dibebeani Gaya P/2.....	23
3. Diagram Lintang/Geser	23
4. Diagram Momen Lentur.....	23
5. Diagram Alir Penelitian.....	33
6. Grafik Hubungan Variasi Kadar <i>Admixture</i> Naptha E121 terhadap Nilai <i>Slump</i>	43
7. Grafik Hubungan Hasil Kuat Tekan Rata-Rata Beton dengan Umur Beton	46
8. Grafik Perbandingan Hubungan Umur Beton dengan Faktor Konversi Umur Beton	49
9. Grafik Hubungan Hasil Kuat Lentur Rata-Rata Beton dengan Umur Beton.....	43

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Jumlah Benda Uji Silinder dan Balok	28
2. Hasil Pengujian Agregat Halus	40
3. Hasil Pengujian Agregat Kasar	40
4. Kebutuhan Material Per m ³ Beton Normal dan <i>Admixture</i>	41
5. Kebutuhan Campuran Beton Silinder.....	41
6. Kebutuhan Campuran Beton Balok.....	41
7. Hasil Uji <i>Slump</i>	43
8. Hasil Pengolahan Data Kuat Tekan Rata-Rata.....	46
9. Persentase Kenaikan Kuat Tekan	48
10. Faktor Konversi Umur Beton PBI 1971	48
11. Faktor Konversi Umur Beton Hasil Uji Tekan	49
12. Hasil Pengolahan Data Kuat Lentur Rata-Rata.....	52
13. Persentase Kenaikan Kuat Lentur	54

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton (*concrete*) adalah campuran semen *portland* atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*). Material campuran tambahan (*admixture*) adalah material selain air, agregat, atau semen hidrolis, yang digunakan sebagai bahan penyusun beton dan ditambahkan pada beton sebelum atau selama pencampurannya untuk memodifikasi propertis (SNI 2847, 2019).

Penggunaan *admixture* ditujukan untuk mengubah ataupun memperbaiki sifat beton agar cocok dengan kebutuhan dan pekerjaan tertentu seperti mempercepat dan memperlambat pengikatan, mempermudah *workability*, meningkatkan kuat tekan (Rahmat dkk, 2016).

Admixture adalah bahan yang ditambahkan pada campuran beton untuk memberikan sifat tertentu pada beton. Berdasarkan sifatnya, *admixture* dibagi menjadi *admixture* kimia yang dapat larut dalam air (*chemical admixture*) dan *admixture* mineral yang tidak dapat larut dalam air (*mineral admixture*). *Admixture* kimia lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja pelaksanaan, sedangkan *admixture* mineral lebih banyak digunakan untuk

memperbaiki kinerja kekuatan. Penggunaan *admixture* mengikuti spesifikasi yang ditetapkan produsennya, dan *trial mix* sebelum pengujian sangat dianjurkan (Imran, 2006).

Ada beberapa jenis bahan *admixture* sesuai dengan ASTM C 494-81, diantaranya adalah *superplasticizer*. Kegunaan *superplasticizer (High Range Water Reducer)* pada beton dapat mengurangi penggunaan air, tanpa harus kehilangan kelecakannya (Razak, 2018).

Nursandah, dkk (2018), dalam penelitiannya melakukan penelitian dengan menambahkan *admixture* Consol SG. Consol SG adalah bahan tambah/*admixture* merupakan produk *plasticizer* beton cair dan pereduksi air yang tinggi dengan mengatur efek perlambatan, dapat meningkatkan kemampuan kerja tanpa meningkatkan kadar air, mengurangi air tanpa kehilangan kemampuan kerja, dan meningkatkan kuat tekan, serta bebas klorida yang tidak merusak pada tulangan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental di Laboratorium dengan total benda uji 60 sampel dengan pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan diameter benda uji silinder ukuran 150 mm tinggi 300 mm. Variasi campuran Consol SG yang digunakan adalah 0%, 0,2% dan 0,3% dengan mutu yang direncanakan $f'_c = 30$ MPa. Hasil nilai kuat tekan beton pada campuran Consol SG 0,2% sebesar 31,13 MPa (meningkat 2,54% ditinjau dari beton normal), untuk variasi campuran Consol SG 0,3% sebesar 32,25 MPa (meningkat 6,22% ditinjau dari beton normal). Sedangkan variasi 0,2% ke 0,3% meningkat sebesar (3,59%).

Dari hasil yang didapat membuktikan bahwa penambahan *admixture* Consol SG memiliki pengaruh terhadap kuat tekan beton yang dihasilkan.

Berbagai jenis dan merek untuk bahan tambah beton yang dapat digunakan sebagai *admixture* campuran beton. Penambahan bahan tambah *reduced water and accelerated admixture* (Besmittel) untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kuat tekan, bahan uji yang digunakan sebanyak 9 sampel silinder dengan panjang 30 cm dan diameter 15 cm. Pengujian sampel dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari dan 28 hari dengan variasi 0,2%, 0,4% dan 0,6%. Hasil yang didapatkan dari pengujian tersebut adalah meningkatkan *workability*, meningkatkan kuat tekan rata-rata beton normal (Beton normal sebesar 25,61 MPa; 0,2% sebesar 27,66 MPa; 0,4% sebesar 29,50 MPa; dan 0,6% untuk 31,44 MPa) (Rahmat dkk, 2016).

Accelerating admixture mempengaruhi laju reaksi antara semen dan air untuk memberikan keseluruhan peningkatan laju hidrasi. Dengan demikian, penggunaan akselerator pada beton memberikan percepatan waktu pengerasan dan peningkatan pengembangan kekuatan beton. Masalah *slow down setting* dan *hardening* pada beton dapat diatasi dengan penggunaan bahan tambahan yang mempercepat (natrium nitrit dan kalsium nitrit) dalam campuran beton. Natrium nitrit dan Kalsium nitrit ditambahkan ke dalam empat sampel dengan jumlah 1%, 1,5%, 2%, 2,5% dan 3% berat semen diambil sebagai campuran 1 dan campuran 2. Sampel beton diuji 7, 14 dan kuat tekan 28 hari, kuat tarik belah dan kuat lentur (Selvaganesh, 2020)

Narasimha dan Naqash (2015), melakukan penelitian tentang mengembangkan waktu pengikatan awal yang tinggi pada beton yang disebut *Rapid Strength Concrete* (RSC). Dalam penelitian ini menggunakan *superplasticizer polycarboxylate* dengan membandingkan empat sampel berbeda, sampel A (fas:0,25 ; SP:0,8), sampel B(fas:0,2 ; SP:0,8), sampel C (fas:0,25 ; SP:0,6) dan sampel D (fas:0,2 ; SP:0,6). Didapatkan hasil dengan kuat tekan paling optimum yaitu sampel B dengan kuat tekan 25,06 MPa dalam waktu 8 jam, dan 65,11 MPa dalam waktu 24 jam.

Saat ini konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) banyak digunakan di jalan-jalan ibukota maupun didaerah-daerah yang mempunyai tingkat kepadatan tinggi. Perkerasan kaku mempunyai beberapa keunggulan antara lain, cocok untuk lalu lintas berat, lebih tahan terhadap cuaca panas, tidak terjadi deformasi dan tahan terhadap pengaruh air, pelaksanaan relatif sederhana kecuali pada sambungan-sambungan dan umur rencana dapat mencapai 15-40 tahun. Kelemahan pada perkerasan kaku antara lain pada masa pelaksanaan, karena setelah pengecoran diperlukan waktu sekitar 30 hari untuk mencapai kekuatan rencana sebelum dibuka untuk lalu lintas, jika terjadi kerusakan maka kerusakan tersebut cepat dan dalam waktu singkat akan meluas (Kementerian PUPR, 2017).

Sering dijumpai kondisi lalu lintas di Indonesia menimbulkan kemacetan pada saat pelaksanaan pembangunan infrastruktur jalan menggunakan perkerasan kaku/*rigid pavement*, sehingga diperlukan sebuah metode *high early strength concrete* dalam pelaksanaan pekerjaan pembangunan tersebut. Maka dalam

penelitian ini akan digunakan suatu bahan tambah *accelerating admixture* yang akan diterapkan dalam pembuatan beton *rigid pavement*. Bahan tambah kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah Naptha E121 dan bahan tambah ini tergolong dalam tipe E. Bahan tambah tipe E adalah sebagai *water reducing and accelerating admixtures* yang memiliki fungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan mempercepat pengikatan awal. Banyak penelitian yang telah dibuat tentang penambahan *admixture* dengan berbagai tipe sebagai bahan campuran untuk beton, namun belum ada yang membuat penelitian menggunakan *admixture* Naptha E121 sebagai bahan tambah beton *rigid pavement*. Dikarenakan masih belum adanya penelitian lebih lanjut tentang penambahan *admixture* tersebut, oleh karena itu akan dilakukan penelitian “Pengaruh Penambahan *Admixtures* Naptha E121 terhadap Kekuatan Beton *Rigid Pavement*”.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang diambil pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh penambahan *admixture* Naptha E121 terhadap perkembangan kekuatan beton *rigid pavement* ?
2. Apakah penambahan *admixture* Naptha E121 mempengaruhi *workability* pada campuran beton ?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui perkembangan kekuatan beton *rigid pavement* dengan variasi umur beton.
2. Mengetahui pengaruh dari penambahan Naptha E121 sebagai *admixture* terhadap *workability* dalam campuran beton.

1.4. Batasan Masalah

Ruang lingkup atau batasan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Metode perencanaan campuran adukan beton menggunakan ACI 211.1-91
2. Penelitian ini membandingkan kuat tekan beton yang menggunakan bahan tambah Naptha E121 sebagai *admixture* dengan kuat tekan beton yang tidak menggunakan Naptha E121 untuk mengetahui perkembangan kekuatan beton *rigid pavement* yang dihasilkan.
3. Presentase Naptha E121 sebagai tambahan bahan yang digunakan adalah sebesar 0%, 1% dan 1.3% terhadap berat semen.
4. Benda uji yang digunakan berupa silinder dengan diameter 15 cm dengan tinggi 30 cm dan juga balok dengan dimensi 15 cm x 15 cm x 60 cm, dengan total jumlah sampel sebanyak 72 buah.
5. Pelaksanaan pengujian benda uji dilakukan pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari setelah perendaman beton.
6. Mutu beton yang direncanakan adalah $f'_c = 27 \text{ Mpa}$

7. Nilai *slump* yang direncanakan untuk beton normal adalah 3,8 – 7,5 cm.
8. Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Universitas Lampung.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini yaitu :

1. Memberikan informasi baru yang berguna untuk pengembangan ilmu teknologi beton dan pengaruh yang terjadi akibat penambahan Naptha E121 sebagai *admixture* dalam campuran beton terhadap sifat fisiknya.
2. Memberikan informasi mengenai pengaruh penambahan Naptha E121 terhadap perkembangan kekuatan beton *rigid pavement*.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam pengumpulan data untuk penyusunan penelitian ini yaitu:

1. BAB I Pendahuluan

Berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

2. BAB II Tinjauan Pustaka

Berisi tentang hal-hal berupa teori yang berhubungan dengan judul tugas akhir dan metode-metode perhitungan yang digunakan.

3. BAB III Metode Penelitian

Berisi tentang tempat dan waktu penelitian, sumber data, teknik pengumpulan data dan metode analisis data.

4. BAB IV Hasil dan Pembahasan

Berisi tentang hasil penelitian dan pembahasan mengenai hasil penelitian yang telah dilakukan serta digunakan untuk memecahkan masalah dan penarikan kesimpulan.

5. BAB V Kesimpulan dan Saran

Dari pembahasan dan analisa data yang telah didapat, penulis dapat memberikan kesimpulan dan saran yang berkaitan dengan judul tugas akhir ini.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Material jalan merupakan infastruktur yang menghubungkan satu daerah dengan daerah lain yang sangat penting dalam sistem pelayanan masyarakat. Sejak tahun 1985, perkerasan jalan beton atau perkerasan jalan kaku mulai diaplikasikan di Indonesia, dengan membangun jalan - jalan beton di beberapa kota di Indonesia. Akan tetapi setelah itu perkembangan penggunaan perkerasan kaku di Indonesia berjalan lambat, namun dalam beberapa tahun terakhir ini perkembangannya menunjukkan percepatan yang sangat tinggi. Perkerasan kaku (beton semen) merupakan konstruksi perkerasan dengan bahan baku agregat dan menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya, sehingga mempunyai tingkat kekakuan yang relatif cukup tinggi khususnya bila dibandingkan dengan perkerasan aspal (perkerasan lentur), sehingga dikenal dan disebut sebagai perkerasan kaku atau *rigid pavement* (Kementerian PUPR, 2017).

Jenis perkerasan kaku yang dikenal ada 5, yaitu (Kementrian PUPR, 2017) :

1. Perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan atau "*jointed unreinforced (plain) concrete pavement*" (JPCP)
2. Perkerasan kaku bersambung dengan tulangan atau "*jointed reinforced concrete pavement*" (JRCP)
3. Perkerasan kaku menerus dengan tulangan atau "*continuously reinforced concrete pavement*" (CRCP)
4. Perkerasan beton semen 'prategang' atau "*prestressed concrete pavement*"
5. Perkerasan beton semen pracetak (dengan dan tanpa prategang)

Perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan, perkerasan kaku bersambung dengan tulangan, dan perkerasan kaku menerus dengan tulangan termasuk dalam kelompok perkerasan kaku konvensional. Perancangan dan rincian detail pada sambungan sangat penting untuk jenis jenis perkerasan tersebut. Ketiga jenis perkerasan konvensional tersebut, juga telah digunakan sebagai pelapisan ulang, walaupun yang paling umum ialah perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan.

Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) dapat diartikan sebagai struktur beton ataupun perkerasan beton semen portland, yang umumnya terdiri hanya dua lapis, yaitu pelat beton dan pondasi bawah (Hardiyatmo.H.C, 2011).

Beton mempunyai beberapa sifat menguntungkan dibanding dengan jenis bahan bangunan lainnya yaitu, memiliki ketahanan yang lebih baik, memiliki kuat tekan yang tinggi, tidak memerlukan perawatan khusus, tahan terhadap drainase yang buruk, dan masa umur lebih awet. Akan tetapi, beton juga memiliki

kelemahan yakni tidak mampu menahan lentur, dan berat sendirinya yang sangat besar. Sedangkan kelemahan pelaksanaan pada perkerasan kaku antara lain biaya konstruksi jalan beton sedikit lebih mahal dibanding perkerasan lentur dan setelah pengecoran diperlukan waktu sekitar 30 hari untuk mencapai kekuatan rencana sebelum dibuka untuk lalu lintas, hal ini dapat mengganggu kelancaran lalu lintas (Dachlan, 2009).

Keuntungan menggunakan perkerasan jalan kaku antara lain sebagai berikut (Sjahdanulirwan, 2005) :

1. Faktor Biaya

Biaya awal konstruksi perkerasan beton walau masih di atas perkerasan beraspal, namun karena pemeliharaannya sedikit dan umur rencananya lebih panjang, maka biaya totalnya (*life cycle cost*) akan lebih rendah dari perkerasan beraspal.

2. Keawetan dan Kekuatan

Umumnya perkerasan beton bila pada awal pengecoran dirawat dengan baik, umur pelayanannya bisa mencapai lebih dari 20 tahun. Karena kekuatannya yang cukup tinggi, perkerasan beton ini cocok untuk segala jenis pembebanan lalu lintas yang berat atau statis sekalipun.

3. Dampak Lingkungan

Dari segi bahan baku, energi yang dibutuhkan untuk memproduksi semen atau aspal per satuan volume mungkin tidak jauh berbeda. Namun karena kebutuhan aspal dalam campuran hanya sekitar 5-6%, sedangkan semen bisa lima kali lipatnya, maka energi yang dibutuhkan untuk menghasilkan bahan baku semen akan lebih besar dari aspal untuk volume perkerasan

jalan yang sama. Walaupun demikian, secara total karena pencampuran semen, air, dan agregat merupakan proses kimia, tanpa memerlukan pemanasan, maka energi yang dibutuhkan untuk membentuk perkerasan beton jauh lebih rendah dari perkerasan beraspal.

2.2. Bahan Penyusun *Rigid Pavement*

1. Bahan Campuran Beton

Bahan untuk campuran beton terdiri atas semen, air, agregat halus, agregat kasar dan bahan tambah jika diperlukan yang dicampur dengan perbandingan tertentu untuk menghasilkan kekuatan yang diinginkan. Untuk perkerasan kaku persyaratan beton harus mempunyai kuat tarik lentur sebesar 4,5 MPa. Karakteristik dari masing-masing bahan campuran beton perlu diketahui karena akan mempengaruhi kekuatan beton. Uraian dari komponen bahan tersebut diuraikan pada bagian dibawah ini (Kementerian PUPR, 2017).

a. Agregat

Fungsi agregat dalam campuran beton ialah sebagai bahan pengisi, namun karena proporsinya yang cukup besar yaitu sekitar 60% – 70 % dari berat campuran beton, maka agregat ini menjadi bagian yang penting. Sifat agregat yang perlu diperhatikan, untuk bahan beton, ialah:

- 1) Volume udara : udara yang terdapat dalam campuran beton, mempengaruhi proses pembuatan beton, terutama setelah terbentuknya pasta semen.

- 2) Volume padat : kepadatan volume agregat akan mempengaruhi berat isi beton jadi.
- 3) Berat jenis agregat mempengaruhi proporsi campuran dalam berat.
- 4) Penyerapan agregat akan mempengaruhi berat jenis.
- 5) Kadar air permukaan agregat mempengaruhi pada penggunaan air sewaktu pencampuran.

b. Semen

Semen Portland adalah material halus yang terdiri dari bahan-bahan campuran utama seperti kapur, silica, alumina, besi, dan gypsum. Semen disebut juga bahan pengikat hidrolis karena jika semen berhubungan dengan air akan menjadi bahan campuran yang aktif secara kimiawi. Dalam campuran beton, pasta yang dibentuk dari campuran semen dengan air kemudian akan mengeras, dan dalam keadaan mengikat agregat maka akan dihasilkan beton yang keras dan kuat. Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton harus disesuaikan dengan rencana kekuatan dan spesifikasi teknik yang diberikan. Oleh karena itu, walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10%, tapi karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi sangat penting.

c. Air

Pada pembuatan beton, air diperlukan untuk beberapa fungsi, yaitu untuk berproses kimiawi dengan semen, untuk membasahi agregat, dan untuk memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dapat diminum pada umumnya dapat digunakan untuk campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan.

d. Bahan Tambah

Dalam praktek sering terjadi dikehendaki beton yang dikerjakan mempunyai sifat tertentu sesuai dengan kebutuhan. Adanya keperluan membongkar/melepas cetakan lebih awal akan membutuhkan beton yang mempunyai sifat lebih cepat mengeras dan mencapai kekuatan awal lebih tinggi. Temperatur yang tinggi, atau waktu pengangkutan adukan beton yang cukup lama harus didukung oleh adukan beton yang waktu pengikatannya bisa diperlambat. Untuk memperoleh beton dengan sifat-sifat tertentu diperlukan bahan yang dapat mengubah sifat alami beton. Jenis bahan tambah dapat dibedakan menjadi dua, yaitu jenis bahan tambah yang bersifat kimiawi (*chemical admixture*) dan bahan tambah yang bersifat mineral (*additive*).

e. Tipe-Tipe Bahan Tambah

1) Tipe A “*Normal Water-Reducing*”

Bahan tambah *water-reducing* disebut juga bahan tambah pengurang air. Bahan tambah tipe ini bisa digunakan untuk mencapai kemudahan pengerjaan yang dikehendaki tanpa memberi tambahan air, atau bila diperlukan menurunkan nilai faktor-air semen dengan cara mengurangi air, tapi dengan sifat kemudahan yang tidak berubah. Dari pencapaian tingkat pemadatan yang lebih baik, dapat juga memberi pengaruh positif terhadap kemungkinan untuk mengurangi kadar semen. Sampai seberapa jauh pengurangan kadar air dengan penggunaan bahan tambah ini bergantung pada karakteristik campurannya. Tetapi, umumnya air bisa dikurangi 5 – 10% dengan pencapaian kenaikan kekuatan hingga 10%.

2) Tipe B “*Retarding*”

Bahan tambah *retarding admixtures* adalah bahan tambah yang berfungsi untuk menghambat waktu pengikatan. Dalam praktek, kegunaannya untuk menunda waktu pengikatan misalnya karena kondisi cuaca yang panas, atau mengatasi waktu pengangkutan adukan beton yang cukup lama, atau untuk pekerjaan beton dalam jumlah besar, atau menyediakan waktu yang cukup untuk pemadatan.

3) Tipe C “*Accelerating*”

Bahan tambah *accelerating admixtures* adalah bahan tambah yang berfungsi untuk mempercepat pengikatan dan pencapaian kekuatan

awal beton yang lebih tinggi. Bahan kimia yang paling terkenal untuk bahan tambah ini adalah kalsium klorida. Bahan kimia lainnya adalah senyawa garam seperti klorida, bromide, karbonat, silikat, dan terkadang tri-etanolamin.

4) Tipe D “*Retarding Water-Reducing*”

Bahan tambah *retarding water-reducing* adalah bahan tambah yang berfungsi ganda, yaitu mengurangi jumlah air pencampur dengan konsistensi adukan tertentu serta menghambat pengikatan awal.

5) Tipe E “*Accelerating Water-Reducing*”

Bahan tambah *accelerating water-reducing* adalah bahan tambah yang berfungsi ganda, yaitu mengurangi jumlah air pencampur dengan konsistensi adukan tertentu serta mempercepat pengikatan awal

6) Tipe F “*High Range Water-Reducing*”

Penggunaan bahan tambah tipe *high range water-reducing* atau disebut juga *superplasticizer* bisa mengurangi air pencampur 25 – 35%. Konsistensi adukan beton yang dihasilkan bisa berbentuk *flowing concrete* (beton yang mengalir). Beton dengan bahan tambah tipe ini biasa digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan dimana akses lokasi pengecoran sulit, pekerjaan lantai atau perkerasan yang memerlukan pembetonan cepat, pekerjaan beton mutu tinggi yang memerlukan workabilitas normal tapi faktor air-semen sangat rendah.

7) Tipe G “*Retarding High Range Water Reducing*”

Dalam hal pengurangan air dan workabilitas, bahan tambah tipe ini sama dengan bahan tambah tipe *high range water-reducing*, tetapi dengan tambahan sifat mampu menunda waktu pengikatan.

2. Tulangan

Jumlah tulangan yang diperlukan dipengaruhi oleh jarak sambungan susut, sedangkan dalam hal beton bertulang menerus, diperlukan jumlah tulangan yang cukup untuk mengurangi sambungan susut. Berdasarkan bentuknya, baja tulangan beton dibedakan menjadi 2 (dua) jenis yaitu baja tulangan beton polos dan baja tulangan beton sirip (Kementerian PUPR, 2017).

- a. Baja tulangan beton polos Baja tulangan beton polos adalah baja tulangan beton berpenampang bundar dengan permukaan rata tapi tidak bersirip, disingkat BJTP.
- b. Baja tulangan beton sirip Baja tulangan beton sirip adalah baja tulangan beton dengan bentuk khusus yang permukaannya memiliki sirip melintang dan rusuk memanjang yang dimaksudkan untuk meningkatkan daya lekat dan guna menahan gerakan membujur dari batang secara relatif terhadap beton, disingkat BJTS.

2.3. Konsep *High Early Strength Concrete*

Akselerator digunakan untuk mempercepat hidrasi semen sehingga mengurangi waktu pengerasan dan meningkatkan perolehan kekuatan usia dini. Akselerator biasanya dikembangkan untuk digunakan pada suhu rendah; namun, juga dapat digunakan dalam aplikasi lain seperti kekuatan awal yang tinggi dalam campuran beton untuk penambalan perkerasan, yang membutuhkan waktu penutupan yang singkat (Todd dkk, 2017).

Accelerating admixture mempengaruhi laju reaksi antara semen dan air untuk memberikan keseluruhan peningkatan laju hidrasi. Penggunaan akselerator pada beton memberikan percepatan waktu pengerasan dan peningkatan pengembangan kekuatan beton (Selvaganesh, 2020).

Pekerjaan pembuatan beton dapat ditambahkan bahan tambahan mineral maupun bahan tambahan kimia (*admixture*) untuk kepentingan pekerjaan konstruksi. Dalam beberapa kasus pekerjaan konstruksi diinginkan agar beton dapat menghasilkan kekuatan yang optimal pada usia awal beton sehingga waktu pekerjaan beton dapat dipersingkat. Kekuatan beton pada usia dini dapat ditingkatkan dengan penambahan bahan mineral (aditif) dan bahan kimia (*admixture*) (Prayuda dan Saleh, 2019).

2.4. Mekanisme Kerja *Admixture*

Dalam Imran (2006), *admixture* adalah bahan yang ditambahkan pada campuran beton untuk memberikan sifat tertentu pada beton. Berdasarkan sifatnya, *admixture* dibagi menjadi *admixture* kimia yang dapat larut dalam air (*chemical admixture*) dan *admixture* mineral yang tidak dapat larut dalam air (*mineral admixture*). *Admixture* kimia lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja pelaksanaan, sedangkan *admixture* mineral lebih banyak digunakan untuk memperbaiki kinerja kekuatan. Penggunaan *admixture* mengikuti spesifikasi yang ditetapkan produsennya, dan *trial mix* sebelum pengujian sangat dianjurkan.

2.5. Landasan Teori

1. Kekuatan Tekan

Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini sebagai pengujian kuat tekan berbentuk silinder dengan tinggi 30 cm dan diameter 15 cm dapat dilihat pada gambar 2.1

Rumus untuk mendapatkan kuat tekan:

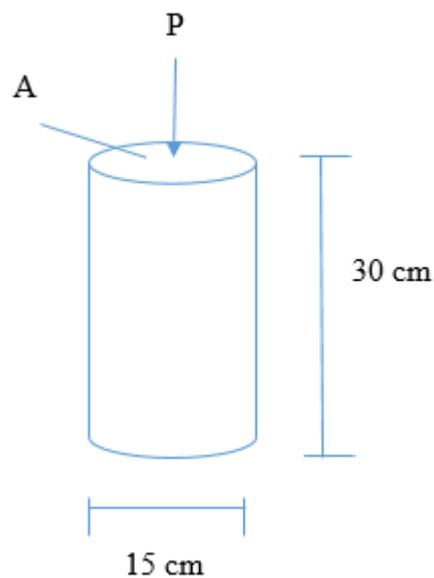
$$f'_c = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (1)$$

dimana:

f_c = Kuat Tekan (MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas Penampang (mm^2)



Gambar 1. Benda uji kuat tekan beton (silinder)

2. Kuat lentur balok beton

Kuat lentur balok beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji sampai benda uji patah (SNI 03-4431-2011). Uji kuat lentur beton dilakukan pada benda uji berbentuk balok beton dengan ukuran 150 mm x 150 mm x 600 mm. Kuat lentur batas (*ultimate flexure strength*) beton atau disebut juga modulus keruntuhan (*modulus of rupture*) adalah beban maksimum yang tercapai selama pembebanan. Menurut ASTM C 78-94 nilai modulus keruntuhan dapat diperoleh dari rumus sebagai berikut:

Bila retak terjadi di 1/3 bentang bagian tengah, modulus keruntuhan dapat dilihat dengan persamaan:

$$f_s = \frac{PL}{bh^2} \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

f_s = Modulus keruntuhan/kuat lentur (MPa)

P = Beban maksimum (N)

L = Bentang balok (mm)

b = Lebar benda uji (mm)

h = Tinggi benda uji (mm)

Kuat lentur dapat diteliti dengan membebani balok pada tengah-tengah bentang atau pada setiap sepertiga bentang dengan beban titik $\frac{1}{2}$ P. Beban ditingkatkan sampai kondisi balok mengalami keruntuhan lentur, dimana retak utama yang terjadi terletak pada sekitar tengah-tengah bentang. Secara sederhana, balok beton digambarkan sebagai struktur *simple beam* dengan beban terpusat masing-masing $\frac{1}{2}$ P. Besarnya momen yang dapat mematahkan benda uji adalah momen akibat beban maksimum dari mesin pembebanan dan berat sendiri dari benda uji. Pada kejadian momen lentur positif, regangan tekan terjadi di bagian atas dan regangan tarik di bagian bawah dari penampang. Pada *simple beam* ini juga terdapat gaya geser atau lintang.

Gaya geser merupakan gaya yang arahnya tegak lurus dengan batang, karena pada bentang 1/3 bagian tengah terjadi momen murni maka pada bentang tersebut tidak ada gaya geser atau lintang. Dapat dicari dengan persamaan :

Untuk 1/3 bentang dari tumpuan

$$D = \frac{1}{2}P \dots\dots\dots(3)$$

Untuk 1/3 bentang bagian tengah

$$D = 0 \dots\dots\dots(4)$$

Dengan pembebanan pada balok beton dengan tumpuan sederhana dan besarnya beban masing-masing adalah $\frac{1}{2} P$, maka momen maksimum pada balok beton sederhana ini terjadi pada 1/3 bagian tengah bentang, dengan persamaan:

$$M = \frac{1}{6}PL \dots\dots\dots(5)$$

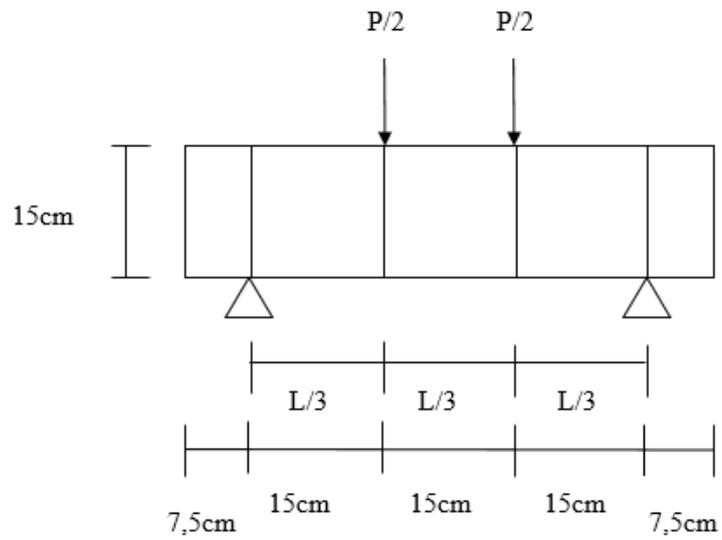
dimana:

M = Momen maksimum (Nmm)

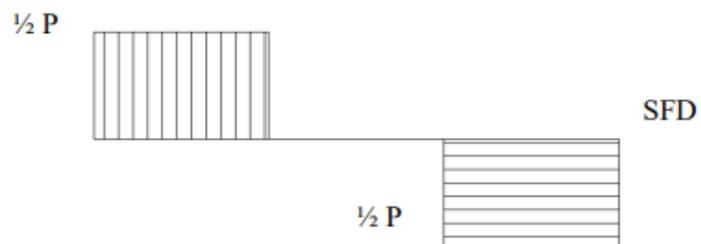
D = Gaya lintang atau gaya geser (N)

P = Beban maksimum (N)

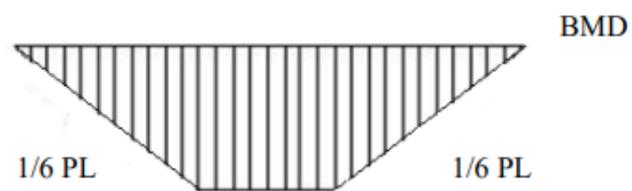
L = Bentang balok (mm)



Gambar 2. Balok sederhana yang dibebani gaya $P/2$



Gambar 3. Diagram lintang/geser



Gambar 4. Diagram momen lentur

2.6. Penelitian Sebelumnya

Banyak penelitian yang telah dibuat tentang *admixture* sebagai bahan tambah campuran untuk beton, namun belum ada yang membuat penelitian dengan menggunakan *admixture* Naptha E121. Beberapa penelitian tersebut antara lain:

1. Nursandah, dkk (2018), dalam penelitiannya melakukan penelitian dengan menambahkan *admixture* Consol SG. Consol SG adalah bahan tambah *admixtures* merupakan produk *plasticizer* beton cair dan pereduksi air yang tinggi dengan mengatur efek perlambatan, dapat meningkatkan kemampuan kerja tanpa meningkatkan kadar air, mengurangi air tanpa kehilangan kemampuan kerja, dan meningkatkan kuat tekan, serta bebas klorida yang tidak merusak pada tulangan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental di Laboratorium dengan total benda uji 60 sampel dengan pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari dengan diameter benda uji silinder ukuran 150 mm tinggi 300 mm. Variasi campuran Consol SG yang digunakan adalah 0%, 0,2% dan 0,3% dengan mutu yang direncanakan $f'_c = 30$ MPa. Hasil nilai kuat tekan beton pada campuran Consol SG 0,2% sebesar 31,13 MPa (naik 2,54% ditinjau dari beton normal), untuk variasi campuran Consol SG 0,3% sebesar 32,25 MPa (naik 6,22% ditinjau dari beton normal). Sedangkan variasi 0,2% ke 0,3% naik sebesar (3,59%). Dari hasil yang didapat membuktikan bahwa penambahan *admixture* Consol SG memiliki pengaruh terhadap kuat tekan beton yang dihasilkan.

2. Narasimha dan Naqash (2015), melakukan penelitian tentang mengembangkan waktu pengikatan awal yang tinggi pada beton yang disebut *Rapid Strength Concrete* (RSC). Dalam penelitian ini menggunakan *superplasticizer polycarboxylate* dengan membandingkan empat sampel berbeda, sampel A (fas:0,25 ; SP:0,8), sampel B (fas:0,2 ; SP:0,8), sampel C (fas:0,25 ; SP:0,6) dan sampel D (fas:0,2 ; SP:0,6). Didapatkan hasil dengan kuat tekan paling optimum yaitu sampel B dengan kuat tekan 25,06 MPa dalam waktu 8 jam, dan 65,11 MPa dalam waktu 24 jam.
3. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Slat dkk, (2021) menyajikan hasil penggunaan Polimer *superplasticizer* jenis Ligno C-165 dalam pembuatan beton mutu tinggi dengan persentase penggunaan bahan ini adalah 0,25%, 0,5%, 0,75%, 1%, 1,25% dan 1,5% oleh berat semen. Sampel beton diuji pada umur 3, 7, 14, 21 dan 28 hari setelah pengeringan air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan 1,5% SP meningkatkan kekuatan beton pada umur 28 hari dengan nilai kekuatan 64,97 MPa atau 166,08% lebih kuat dari kekuatan target $f'_c=40$ MPa. Ini merupakan indikasi bahwa peningkatan dosis polimer *Superplasticizer* jenis Ligno C-165 dalam beton juga akan meningkatkan kekuatan yang dapat disebabkan oleh efek SP dalam mengurangi air kandungan yang dapat menghasilkan beton matriks yang lebih padat dengan volume rongga yang lebih sedikit dalam meningkatkan sifat beton mutu tinggi. Dari hasil tersebut, penerapan proporsi campuran ini dapat digunakan untuk memproduksi bangunan elemen konstruksi di bidang teknik sipil.

4. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Setiawan, (2021) menunjukkan penambahan proporsi *superplasticizer* pada beton *high volume fly ash* metode *self compacting concrete* dapat menambah *workability*. Hal ini ditunjukkan dengan hasil uji beton segar pada uji T500, *slump flow*, L-box, dan V-funnel. Kuat tekan, berat volume, dan porositas beton dengan proporsi *superplasticizer* mempunyai nilai optimum pada 1,2% *superplasticizer* karena memiliki nilai kuat tekan tertinggi dengan 49,44 MPa, nilai berat volume tertinggi dengan 2534,05 kg/m³, nilai porositas terkecil dengan 1,72% pada 28 hari dan sifat segar beton memenuhi standar *self compacting concrete*.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Umum

Penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan *admixture* Naptha E121 terhadap perkembangan kekuatan beton *rigid pavement*. Pada penelitian ini, metode yang akan digunakan adalah metode eksperimental. Secara umum metode eksperimental metode penelitian untuk mendapatkan pengaruh varian suatu sampel tertentu terhadap variabel yang lain agar mendapatkan hasil yang rasional. Dalam penelitian ini terdiri dari dua variabel, yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variable bebas yang dimaksud adalah penambahan *admixture* dan variasi umur sampel. Sedangkan variabel terikat berupa kuat tekan dan kuat lentur beton. Metode perhitungan yang menjadi pedoman pada penelitian ini adalah ACI 211. 1-91. Hasil dari penelitian ini diharapkan dengan adanya penambahan *admixture* dapat mempengaruhi nilai campuran beton terhadap kekuatan tekan dan lentur beton.

3.2. Metode Eksperimental

1. Benda Uji Beton

Benda uji yang akan dibuat terdiri beton balok yang berukuran 150 mm x 150 mm x 600 mm dan silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300

mm. Untuk jumlah benda uji dapat dilihat dalam Tabel 1. Variasi kadar *admixture* yang digunakan terdiri dari variasi 0%, 1% dan 1,3%, setiap variasi terdiri dari 24 benda uji silinder dan 24 sampel benda uji balok serta dengan variasi umur beton 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari.

Tabel 1. Jumlah Benda Uji Silinder dan Balok

Variasi Waktu Pengujian	Variasi Kadar NAPTHA		
	0%	1%	1,3%
3 Hari	3 silinder	3 silinder	3 silinder
	3 balok	3 balok	3 balok
7 Hari	3 silinder	3 silinder	3 silinder
	3 balok	3 balok	3 balok
14 Hari	3 silinder	3 silinder	3 silinder
	3 balok	3 balok	3 balok
28 Hari	3 silinder	3 silinder	3 silinder
	3 balok	3 balok	3 balok
Jumlah	24	24	24
Jumlah Total	72		

3.3. Bahan

Pada penelitian ini terdapat bahan atau material yang digunakan dalam campuran beton. Adapun bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Semen PCC (*Portland Composite Cement*)

Semen berfungsi sebagai pengikat butiran agregat dan mengisi ruang antar agregat sehingga terbentuk massa yang padat. Semen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu semen PCC dengan merek dagang Semen Baturaja. Semen PCC didapatkan dari toko dagang dengan keadaan baik dan tertutup dalam kemasan 50 kg per zak.

2. Agregat halus (pasir)

Agregat halus yang digunakan melalui beberapa tahap pengujian. Pengujian yang dilakukan yaitu kadar air, berat jenis dan penyerapan, berat volume, kadar lumpur dengan penyaringan, kandungan zat organik dalam pasir, dan gradasi agregat halus sesuai dengan ketentuan dan syarat pada ASTM. Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini yaitu pasir yang berasal dari daerah Gunung Sugih, Lampung Tengah.

3. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan terlebih dahulu dilakukan uji terhadap kadar air, berat jenis, penyerapan, gradasi, dan berat volume agregat apakah memenuhi standar ASTM. Agregat kasar yang digunakan pada penelitian yaitu batu pecah dengan ukuran maksimum 20 mm.

4. Air

Air yang digunakan pada penelitian harus bersih, tidak mengandung lumpur, minyak dan benda-benda merusak lainnya yang dapat dilihat secara visual serta tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan merusak beton. Pada penelitian, air yang digunakan berasal dari Laboratorium Bahan dan Konstruksi Universitas Lampung.

5. *Admixture* Naptha E121

Bahan tambah kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah *admixture* Naptha E121 dan bahan tambah ini tergolong dalam tipe E. Bahan tambah tipe E adalah sebagai *water reducing and accelerating admixtures* yang memiliki fungsi ganda yaitu mengurangi jumlah air untuk menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu dan mempercepat pengikatan awal.

3.4. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Cetakan Benda Uji

Cetakan digunakan untuk mencetak beton dengan bentuk silinder dan balok. Cetakan berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm digunakan pada pengujian kuat tekan. Cetakan berbentuk balok dengan ukuran 150 mm x 150 mm x 600 mm digunakan pada pengujian kuat tarik lentur beton.

2. Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengukur berat masing-masing bahan penyusun beton sesuai dengan komposisi yang direncanakan. Timbangan yang digunakan yaitu timbangan manual berkapasitas maksimum 50 kg dengan ketelitian pembacaan 10 gram yang digunakan untuk mengukur berat beton (timbangan besar) dan timbangan elektronik berkapasitas maksimum 20 kg dengan ketelitian pembacaan 1 gram untuk mengukur berat bahan campuran beton.

3. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan bahan-bahan pada saat pengujian material yang membutuhkan kondisi kering. Oven yang digunakan mempunyai kapasitas suhu maksimum 110° C dengan daya sebesar 2800 Watt.

4. Satu Set Saringan

Alat ini digunakan untuk mengukur gradasi agregat sehingga dapat ditentukan nilai modulus kehalusan butir agregat halus dan agregat kasar. Untuk penelitian ini gradasi agregat halus dan agregat kasar berdasarkan standar ASTM C-33. Ukuran saringan yang digunakan untuk pengujian ini yaitu 25 mm, 19 mm, 12,5 mm, 9,5 mm, 4,75 mm, 2,36 mm, 1,18 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15 mm, dan pan.

5. Pikhnometer

Alat ini digunakan untuk mengetahui berat jenis SSD (*saturated surface dry*), berat jenis kering, berat jenis semu dan penyerapan agregat halus.

6. Mesin Pengaduk Beton (*Concrete Mixer*)

Alat ini berfungsi untuk mengaduk campuran beton. Alat yang digunakan ini memiliki kapasitas 0,125 m³ dengan kecepatan 20-30 putaran permenit.

7. *Slump Test Apparatus*

Kerucut Abrams yang digunakan beserta tilam pelat baja dan tongkat baja ini berfungsi untuk mengetahui kelecakan (*workability*) adukan secara sederhana dengan percobaan Slump Test. Ukuran kerucut Abrams memiliki diameter bagian bawah 200 mm, diameter bagian atas 100 mm, dan tinggi 300 mm. Ukuran tongkat baja memiliki panjang 60 cm dan diameter 16 mm.

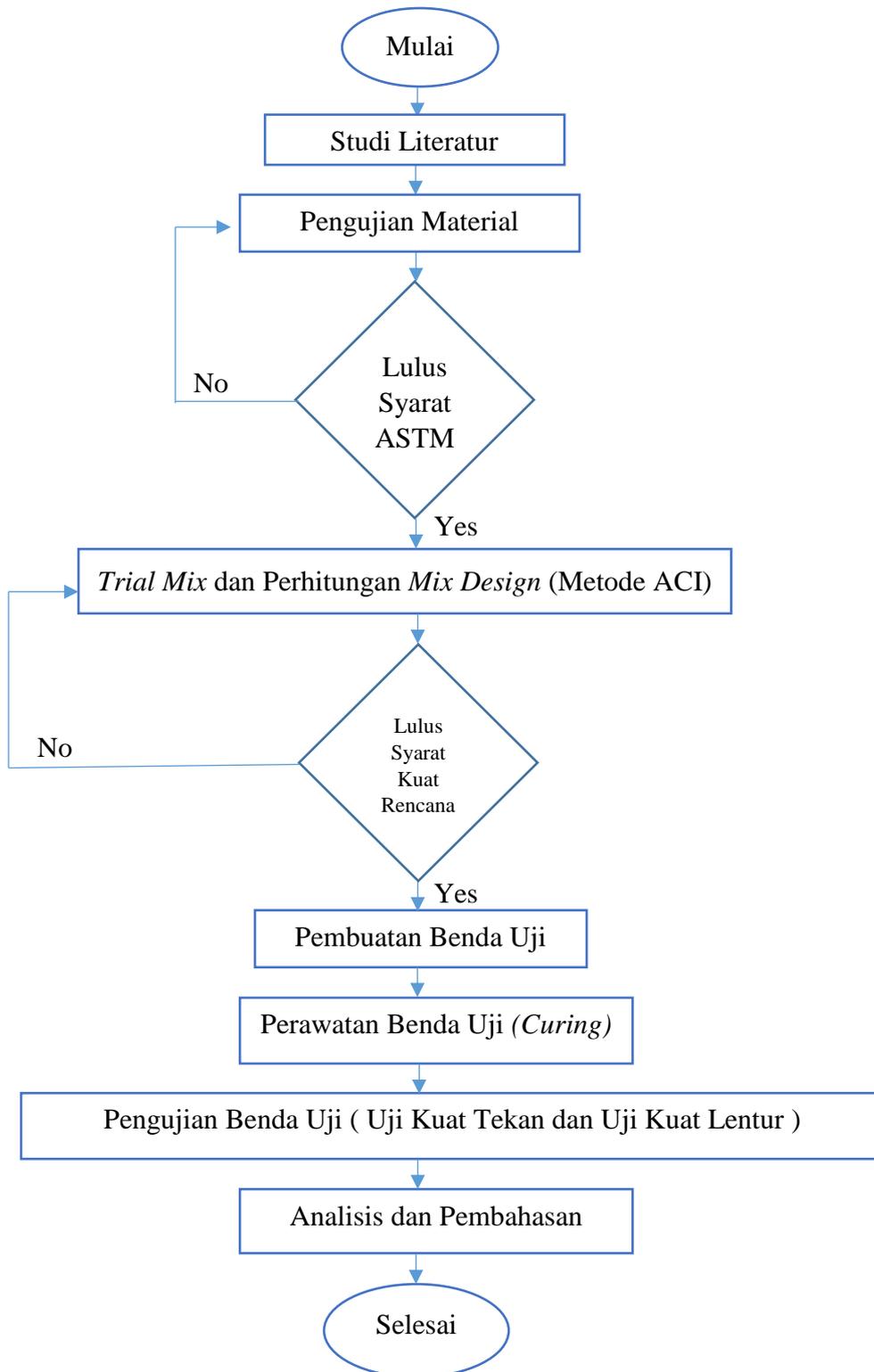
8. *Compression Testing Machine*

Compression Testing Machine digunakan untuk pengujian kuat tekan beton dengan metode *compression test*.

9. *Hydraulic Concrete Beam Testing Machine*

Alat yang digunakan untuk menentukan kekuatan lentur balok menggunakan sebuah balok sederhana dengan pembebanan titik ketiga.

3.5. Diagram Alir Penelitian



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

3.6. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Prosedur penelitian dibagi menjadi tujuh tahap, yaitu:

1. Persiapan bahan dan peralatan

Pada tahap ini seluruh bahan yang dibutuhkan harus terlebih dahulu dipersiapkan. Sedangkan untuk peralatan wajib diadakan pengecekan kembali, apakah kondisi alat dalam keadaan baik atau tidak agar penelitian dapat berjalan dengan baik.

2. Pemeriksaan bahan campuran beton

Pada tahap ini dilakukan beberapa pengujian sesuai aturan yang sudah ditetapkan ASTM, guna mengetahui dan mendapatkan data apakah bahan memenuhi persyaratan atau tidak. Pengujian yang dilakukan sebagai berikut:

- a. Pengujian agregat halus atau pasir

1. Kadar air (ASTM C 566-78)
2. Berat jenis dan penyerapan (ASTM C 128-73)
3. Gradasi (ASTM C 33-93)
4. Kadar lumpur dengan saringan (ASTM 117-80)
5. Kandungan zat organik (ASTM C 40-92)
6. Berat volume (ASTM C 29)

- b. Pengujian agregat kasar

1. Kadar air (ASTM C 556-78)
2. Berat jenis dan penyerapan (ASTM C 127-88)
3. Gradasi (ASTM C 33-93)
4. Berat volume (ASTM C 29)

3. Pembuatan rencana campuran beton (*mix design*) memakai metode ACI 211. 1-91. Rencana campuran antara semen, air dan agregat sangat penting untuk mendapatkan kekuatan beton yang diinginkan. Kekuatan yang direncanakan adalah kuat tarik lentur (f_s) = 4,5 Mpa dan kuat tekan (f'_c) = 27 Mpa.
4. Pembuatan benda uji

Adapun tahap-tahap pembuatan benda uji antara lain:

- a. Pembuatan campuran adukan beton sesuai proporsi campuran hasil perhitungan beton dan *admixture*.
 - 1) Persiapan bahan campuran adukan beton Bahan-bahan penyusun beton seperti agregat halus, agregat kasar, dan semen disiapkan terlebih dahulu dalam kondisi *saturated surface dry* (SSD). Ini dilakukan agar bahan-bahan tersebut tidak menyerap air atau menambah air pada proses pencampuran yang akan mempengaruhi kekuatan beton.
 - 2) Setelah persiapan bahan, selanjutnya dilakukan pencampuran. Perbandingan berat bahan-bahan susun beton diperhitungkan menggunakan metode ACI Committee 544, 1993. Mula-mula agregat kasar dimasukkan, kemudian dimasukkan sebagian air pencampur dan cairan bahan tambah bila diperlukan. Langkah selanjutnya mesin pengaduk dihidupkan, lalu tambahkan agregat halus, semen, dan sisa air saat mesin pengaduk berputar. Proses pengadukan berlangsung selama tiga menit, dan diikuti dengan tiga

menit berhenti, dilanjutkan dengan pengadukan terakhir selama dua menit.

- b. Penambahan *admixture* Naptha E121 dilakukan sesuai dengan perhitungan kadar yang telah ditentukan di dalam adukan beton dan dicampurkan pada saat agregat, semen dan air telah tercampur merata, agar dapat terdistribusi secara merata.
- c. Pemeriksaan nilai slump beton
 - 1) Alat *Slump test* (kerucut Abrams) disiapkan, lalu adukan beton dimasukkan didalamnya hingga $\frac{1}{3}$ bagian, lalu dipadatkan dengan alat penumbuk sebanyak 25 kali. Adukan ditambahkan sampai $\frac{2}{3}$ bagian lalu ditumbuk 25 kali kembali. Adukan ditambahkan sampai penuh lalu ditumbuk sebanyak 25 kali lalu isi penuh kembali bagian atas dan diratakan.
 - 2) Setelah itu kerucut Abrams diangkat lurus ke atas dan penurunan yang terjadi (nilai *slump*) diukur.
 - 3) Mencatat hasil nilai *slump test* yang terukur.
- d. Pencetakan benda uji silinder dan balok dilakukan dengan langkah sebagai berikut:
 - 1) Menyiapkan cetakan benda uji.
 - 2) Mengoleskan oli pada cetakan benda uji
 - 3) Memasukkan adukan ke dalam cetakan hingga penuh sambil dipadatkan dengan *vibrator*. Hal ini bertujuan agar tidak terjadi segregasi di campuran beton.
 - 4) Meratakan permukaan setelah cetakan penuh dan padat, dan

langsung ditutup dengan plastik.

5) Melepaskan beton dari cetakan setelah 24 jam.

6) Memberi masing-masing kode sampel di atas cetakan beton.

5. Perawatan terhadap benda uji (*curing*)

Tahap ini bertujuan agar permukaan beton segar selalu lembab. Hal ini dimaksudkan untuk menjamin agar proses hidrasi dapat berlangsung dengan baik dan proses pengerasan terjadi dengan sempurna sehingga tidak terjadi retak-retak pada beton dan mutu beton dapat terjamin. Perawatan dilakukan dengan cara merendam benda uji silinder dan balok dalam bak air selama waktu 7 hari. Setelah benda uji direndam, benda uji diangkat dari bak air.

6. Pelaksanaan pengujian

a. Uji kuat tekan beton

Uji tekan beton dilakukan dengan menggunakan alat *Compression Testing Machine* (CTM) berkapasitas 150 ton dengan kecepatan pembebanan 0,14–0,34 MPa/detik. Pengujian dilakukan dengan mengatur alat CTM. Benda uji silinder beton yang telah melalui proses curing diangkat dan ditimbang. Kemudian, dicatat dan diberi tanda. Sebelum pengujian kuat tekan beton dilakukan, permukaan tekan benda uji silinder harus rata agar tegangan terdistribusi secara merata pada penampang benda uji. Dalam hal ini, benda uji diberi lapisan belerang setebal 1,5–3 mm pada permukaan tekan benda uji, atau dapat dilakukan dengan memberi pasta semen. Pengujian ini dilakukan pada umur beton 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Benda

uji diletakkan pada ruang penekan CTM dengan posisi tegak lurus dan jarum penunjuk dipastikan tepat pada titik nol. Kemudian mesin tekan dihidupkan dan secara perlahan alat akan menekan benda uji silinder, sampai beton mencapai hancur atau jarum tidak bergerak kembali lalu mesin dimatikan. Angka pada jarum pengukur yang merupakan besarnya beban tekan beton untuk setiap benda uji dicatat. Kemudian besarnya kuat tekan benda uji silinder dihitung. Dari pengujian ini akan didapat hasil beban maksimum yang mampu ditahan oleh silinder beton sampai silinder beton hancur.

b. Uji kuat tarik lentur

Pengujian ini menggunakan alat *hydraulic concrete beam testing machine*. Pengujian ini dilakukan pada umur beton 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Kuat lentur diteliti dengan membebani balok tiap sepertiga bentang dengan beban titik $1/2P$. Selanjutnya, diberikan beban tekan dari *hydarulic jack* sampai kondisi balok mengalami keruntuhan lentur, dimana retak utama yang terjadi pada sekitar tengah-tengah bentang. Kemudian mencatat dan menganalisis beban maksimum yang didapat.

7. Analisis hasil penelitian

Analisis hasil penelitian dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Dari hasil pengujian *slump test* dibuat grafik hubungan antara variasi kadar *admixture* dengan nilai *slump* yang didapat.
- b. Menghitung kuat tekan beton benda uji silinder dan disajikan dalam bentuk tabel berdasarkan Persamaan 1
- c. Dari hasil pengujian kuat tekan beton dibuat grafik hubungan antara pengaruh variasi umur beton dengan *admixture* Naptha terhadap hasil kuat tekan, kemudian menganalisisnya.
- d. Menghitung kuat tarik lentur beton benda uji balok dan disajikan dalam bentuk tabel dengan Persamaan 2.
- e. Dari hasil pengujian kuat tarik lentur beton dibuat grafik hubungan antara pengaruh variasi umur beton dengan *admixture* Naptha E121 terhadap hasil kuat tarik lentur.
- f. Menghitung faktor konversi umur beton.
- g. Dari hasil perhitungan faktor konversi umur beton dibuat grafik faktor konversi umur beton dan dibandingkan dengan faktor konversi umur beton PBI 1971

3.7. Hasil Pengujian Agregat

Pengujian sifat agregat halus dilakukan terlebih dahulu sebelum pelaksanaan *mix design*. Agregat halus yang digunakan berasal dari Gunung Sugih, hasil dari pengujian agregat halus dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian agregat halus

Jenis Pengujian Agregat	Satuan	Hasil Pengujian	Standar ASTM
Kadar lumpur	%	2,9071 %	< 5%
Modulus kehalusan	-	2,7394	2,3 – 3,1
Berat jenis	-	2,6041	2 – 2,9
Penyerapan air	%	2,522 %	1 - 3%
Berat volume	kg/m ³	1638,4 kg/m ³	-
Kadar air	%	0,7962 %	0 – 1%
Kandungan zat organis	-	2	< Nomor warna 3

Selain pengujian agregat halus adapun pengujian sifat agregat kasar yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari material tersebut, untuk hasil dari pengujian agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian agregat kasar

Jenis Pengujian Agregat	Satuan	Hasil Pengujian	Standar ASTM
Berat jenis	-	2,5604	2,5 – 2,9
Penyerapan air	%	2,6142 %	1 - 3%
Berat volume	kg/m ³	1512,8 kg/m ³	-
Kadar air	%	1,93 %	0 – 3%

3.8. Kebutuhan Material dan Komposisi Campuran Beton

Kebutuhan material per m³ untuk beton normal dan beton dengan *admixture* dengan kuat tekan rencana $f'_c = 27$ MPa, untuk kebutuhan air per m³ beton dengan *admixture*, air yang digunakan adalah sebesar 140 kg dan sudah dilakukan pengurangan air sebesar 30% dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kebutuhan material per m³ beton normal dan *admixture*

Jenis Material	Berat Beton Normal (kg)	Berat Beton dengan <i>admixture</i> (kg)
Semen	481	481
Air	200	140
Agregat kasar	922,9	922,9
Agregat halus	735,1	735,1
<i>Admixture 0%</i>	-	0
<i>Admixture 1%</i>	-	4,81
<i>Admixture 1,25%</i>	-	6,0125

Komposisi campuran beton untuk kebutuhan sampel silinder dilihat dalam

Tabel 5.

Tabel 5. Kebutuhan campuran beton silinder

Persentase	Jumlah Silinder	Semen (kg)	Naptha (mL)	Air (L)	Pasir (kg)	Split (kg)
0%	3	9,57	0	3,98	14,62	18,36
1%	3	9,57	57,3922	2,78	14,62	18,36
1,25%	3	9,57	71,7403	2,78	14,62	18,36

Komposisi campuran beton untuk kebutuhan sampel balok dilihat dalam

Tabel 6.

Tabel 6. Kebutuhan campuran beton balok

Persentase	Jumlah Silinder	Semen (kg)	Naptha (mL)	Air (L)	Pasir (kg)	Split (kg)
0%	3	24,35	0	10,13	37,21	46,72
1%	3	24,35	146,0893	7,09	37,21	46,72
1,25%	3	24,35	182,6116	7,09	37,21	46,72

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian mengenai kuat tekan dan lentur beton dengan tiga variasi penambahan *admixture* Naptha E121 yang telah dilakukan, didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin besar persentase *admixture* Naptha E121 yang digunakan maka akan semakin besar juga dengan peningkatan nilai *slump* yang didapat. Berdasarkan hasil *slump* yang didapat juga dapat ditarik kesimpulan untuk beton dengan variasi 0% telah memenuhi persyaratan beton *rigid pavement* yaitu dengan nilai rerata *slump* sebesar 5 cm dan untuk *slump rigid pavement* yang diisyaratkan terdapat pada peraturan Binamarga 2018 adalah sebesar 3,8 – 7,5 cm, sedangkan untuk variasi 1% dan 1,25% nilai *slump* yang didapat sudah tidak memenuhi *slump* yang diisyaratkan oleh Binamarga namun masih dapat digunakan dalam konstruksi lain seperti gedung.
2. Persentase optimum *admixture* Naptha E121 untuk memperoleh kekuatan awal yang tinggi pada beton adalah pada persentase *admixture* Naptha E121 1% pada umur beton 3 hari, berdasarkan persentase kenaikan kuat

tekan.

3. Campuran beton *rigid pavement* yang telah direncanakan sudah sesuai dengan hasil kuat lentur yang didapat dan didasarkan pada standar kuat lentur yang terdapat dalam peraturan Binamarga 2018 yaitu $f_s = 4,5$ MPa

5.2. Saran

Untuk menindaklanjuti penelitian ini maka perlu diadakan penelitian lebih lanjut untuk melengkapi dan merupakan pengembangan dari penelitian ini.

Berikut ini beberapa saran-saran untuk penelitian-penelitian selanjutnya adalah:

1. Penelitian mengenai pengaruh penambahan *admixture* dengan variasi umur benda uji yang lebih cepat sehingga dapat menghasilkan pengujian kuat tekan pada umur yang lebih cepat.
2. Penelitian persentase kadar *admixture* dengan jarak dari persentase satu ke persentase lainnya tidak terlalu jauh (*interval*).
3. Perencanaan campuran (*mix design*) serta ketelitian dalam penimbangan bahan sangat menentukan kualitas beton yang dihasilkan.
4. Memastikan kondisi material yang digunakan dalam kondisi baik sebelum pelaksanaan campuran beton (pengecoran).
5. Perlu lebih diperhatikan pada saat proses pengerjaan pengecoran dan pemadatan dengan *vibrator* agar campuran beton terdistribusi secara merata.
6. Pemberian label nama sampel harus jelas supaya tidak terjadi kesalahan pada saat pengujian sampel.

7. Pelaksanaan pengecoran benda uji silinder dan balok dengan persentase kadar *admixture* yang sama sebaiknya dilakukan di waktu yang bersamaan.
8. Pada proses pelaksanaan sebaiknya menggunakan alat K3 (Kesehatan dan Keselamatan Kerja) yang lengkap untuk melindungi diri terhadap kemungkinan adanya bahaya/kecelakaan kerja.
9. Untuk penelitian selanjutnya dapat mencoba menggunakan pengurangan air sebesar 40%, agar nilai *slump* beton dengan *admixture* yang direncanakan sesuai dengan *slump* perencanaan beton *rigid pavement*.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifien, N., Utomo, S., dan Utama, D.A. (2018). Pengaruh Penambahan Bahan Admixture Consol SG Terhadap Kuat Tekan Beton. Universitas Muhammadiyah Surabaya. Volume. 3 No. 1.
- ASTM C33. (2013). *Standard Specification for Concrete Aggregates. United States.*
- ASTM C39. (2014). *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Speciment. United States.*
- ASTM C78. (2002). *Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading).*
- Departemen Pekerjaan Umum. (1971). Penjelasan dan Pembahasan mengenai Peraturan Beton Indonesia. Perpustakaan Prosida.
- Febria, T., Trikorama, R., dan Taufik, H. (2016). Study of Efficiency Level Road Rigid Pavement and Flexible. Universitas Riau. Riau
- Kementerian PUPR. (2017). Modul 1 Konsep Dasar dan Konstruksi Perkerasan Kaku. Diklat Perkerasan Kaku. Bandung
- Kementerian PUPR. (2017). Modul 2 Bahan & Pengujian Bahan Perkerasan Kaku. Diklat Perkerasan Kaku. Bandung.
- Mariani, Sampebulu, V., Ahmad, A.G. (2009). Pengaruh Penambahan Admixture Terhadap Karakteristik Self Compacting Concrete. *Jurnal SMARTek*. Volume. 7. No. 3.
- Narasimha, P., and Naqash, J.A. (2019). *Review On High Early Strength Concrete. International Journal of Multidisciplinary*. Volume 6.
- Noorhidana, V.A., Irianti, L., and Junaedi, T. (2021). *Mechanical Properties Improvement of Self Compacting Concrete (SCC) using Polypropylene Fiber. Journal of Engineering and Scientific Research*. Volume 3.
- Prayuda, H., dan Saleh, F. (2019). Kuat Tekan Beton Awal Tinggi Dengan Variasi Penambahan Superplasticizer dan Silica Fume. *Media Teknik Sipil*. Volume 17. No. 1.

- Rahmat, Hendriyani, I., dan Anwar, M.S. (2016). Analisis Kuat Tekan Beton dengan Bahan Tambah Reduced Water dan Accelerated Admixture. *Info Teknik*. Volume 17. No. 2.
- Saepudin, U., Hartati, G., Bakri, S.N. (2022). Analisis Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Berserat Polymeric Sebagai Material Perkerasan Kaku (Rigid Pavement). Universitas Galuh.
- Sebayang, S., Irianti, L., dan Hutauruk, H.P. (2021). Penggunaan Admixture High Early Strength sebagai Pengganti Steam Curing. *Journal Rekayasa Sipil dan Desain*. Volume 25. No 3. Universitas Lampung. Lampung.
- Selvaganesh, D. (2020). Comparative Study Of Accelerating Admixtures On Properties Of Concrete. *International Research Journal of Engineering Sciences*. Volume 6.
- Setiawan, B.A. (2021). Pengaruh Variasi Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan, Berat Volume, Porositas dan Sifat Segar Beton High Volume Fly Ash Metode Self Compacting Concrete. Universitas Negeri Surabaya.
- Sjahanulirwan, M. (2003). Kelebihan Serta Kekurangan Perkerasan Beraspal dan Beton. Puslitbang Jalan dan Jembatan. Bandung
- Slat, V., B., Supit S., W., M., dan Kondojo, N. (2021). Pengaruh *Superplasticizer Polymer* Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi. *Politeknik Negeri Manado*. Volume 26. No. 2 :115-123.
- SNI 2847:2019. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 4431. (2011). Cara Uji Kuat Lentur Beton normal dengan Dua Titik Pembebanan. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Sondang, F., Fatimah, D. N., dan Sihotang R. (2011). Analisis Uji Kelayakan Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*) Beton K350 Pada Ruas Jalan Pembangunan Kota Sukabumi-Segmen I. Universitas Nusa Putra. Sukabumi.
- Suryani, A., Dewi, S. H., Harmiyati. (2018). Korelasi Kuat Lentur Beton dengan Kuat Tekan Beton. *Jurnal Sainis*. Volume 18. No 2. Universitas Islam Riau. Riau.
- Todd, N.T., Suraneni, P., and Weiss, W.J. (2017). *Hydration Of Cement Pastes Containing Accelerator At Various Temperatures: Application To High Early Strength Pavement Patching*. Oregon State University. Corvallis.
- Zainudin, H., dan Nurkholis, M. (2019). Pengaruh Variasi Penambahan *Accelerator Admixture* terhadap Kuat Tekan Beton. Universitas Bojonegoro. Volume. 5, No 1.