



ST-13 KAJIAN NUMERIK DINDING BETON RINGAN DENGAN AGREGAT KASAR BATU APUNG

Hazairin^{1*}, Erma Desimaliana¹ dan Bagus Hernananda Rochadi²

^{1*}Dosen Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Jl. PHH Mustofa No. 23, Bandung

e-mail: herin@itenas.ac.id

²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Jl. PHH Mustofa No. 23, Bandung

ABSTRAK

Beton ringan merupakan material yang semakin banyak digunakan pada proyek konstruksi khususnya elemen bangunan, karena kemudahan pembuatannya serta beratnya yang ringan mampu mengefisienkan pelaksanaan konstruksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji sifat mekanik beton ringan beragregat kasar batu apung secara eksperimental di laboratorium serta mengkaji penerapannya sebagai dinding secara numerik dengan piranti lunak. Hasil uji kuat tekan beton ringan beragregat kasar batu apung sebesar 10,02 MPa pada umur 28 hari, hal mana kuat tekan tersebut belum mencapai persyaratan untuk digunakan sebagai elemen struktural bangunan sehingga akan dimodelkan sebagai elemen non-struktural bangunan. Hasil uji kuat tarik baja tulangan sebesar 296,44 MPa. Hasil kedua pengujian tersebut digunakan untuk memodelkan dan menganalisis kapasitas dinding bata ringan beragregat kasar batu apung non-struktural, hal mana baik lentur maupun tegangan, akibat gaya pengangkatan pada jarak $1/5L$ terhadap kondisi penegakan dan beban angin sehingga dimampukan pula kebutuhan tulangan yang memadai. Berdasarkan hasil pemodelan dan analisis mampu disimpulkan bahwa dinding bata ringan beragregat kasar batu apung direkomendasikan sebagai elemen non-struktural bangunan karena kapasitas lentur dan tegangannya telah melebihi syarat yang diizinkan.

Kata kunci: Dinding, Beton Ringan, Agregat, Batu Apung, Sifat Mekanik

PENDAHULUAN

Material beton merupakan salah satu material yang tidak mampu dipisahkan dalam pelaksanaan proyek konstruksi. Karakteristik material ini adalah mudah dibuat karena campuran adukan beton tidak memerlukan keahlian khusus dalam pembuatannya, mudah dicetak sesuai dengan kebutuhan konstruksi, serta kekuatannya yang semakin kokoh seiring dengan bertambahnya umur beton. Pada umumnya, beton normal merupakan jenis beton yang paling sering digunakan dalam proyek konstruksi, hal mana kuat tekan beton normal mampu mencapai lebih dari 17 MPa sehingga mampu diaplikasikan sebagai elemen struktural bangunan seperti kolom dan balok. Namun, berat isi beton normal yang berkisar $2.200 - 2.500 \text{ kg/m}^3$ ini ternyata menjadi kendala dalam pelaksanaan konstruksi. Karena berat isinya tersebut, baik saat pengecoran beton di lapangan maupun saat pemasangan beton dalam bentuk *pre-cast*, ternyata memerlukan alat berat khusus dan tenaga kerja yang jumlahnya tidak sedikit sehingga mampu memakan waktu pelaksanaan konstruksi yang lebih lama. Selain itu, penggunaan beton normal pada elemen non-struktural bangunan mampu menambah beban sendiri dari struktur tersebut.

Menurut Pamungkas, F. Y. (2012) penggunaan material beton ringan sebagai dinding pada gedung 6 lantai mampu meningkatkan efisiensi elemen struktur sampai dengan 18,08%; serta juga mampu meningkatkan efisiensi luas tulangan (As perlu) sebesar 18,94%. Oleh karena itu, penggunaan material beton ringan pada elemen non-struktural mampu menjadi pilihan dalam dunia konstruksi. Kuat tekan beton ringan yang cenderung lebih kecil dari beton normal, tidak akan terlalu mempengaruhi kekuatan struktur karena pengaplikasiannya yang terbatas hanya pada elemen non-struktural. Elemen non-struktural ini bukan elemen pemikul beban utama pada struktur, akan tetapi memiliki keuntungan dalam hal pemasangan karena bobotnya yang lebih ringan. Salah satu cara untuk membuat beton ringan adalah dengan menggunakan agregat kasar yang ringan seperti batu apung. Batu apung memiliki berat jenis $0,8 \text{ g/cm}^3$ sehingga mampu

mengurangi berat beton normal, maka mampu dikategorikan sebagai beton ringan. Pada penelitian sebelumnya, Sihab, W. (2023) menggunakan batu apung sebagai substitusi agregat, baik kasar maupun halus. Dari penelitian tersebut dimampukan nilai kuat tekan beton ringan mencapai 14,81 MPa. Miswar, K. (2020) juga melakukan penelitian mengenai pemanfaatan batu apung sebagai material beton ringan, berat jenis beton dengan substitusi batu apung sebesar 50% dan 100% dapat dikatakan sebagai beton ringan untuk struktur ringan karena memiliki nilai 1.404 kg/m^3 dan 864 kg/m^3 hal mana kisaran beton ringan sudah sesuai dengan ACI 213R-87 yaitu $800 - 1.400 \text{ kg/m}^3$. Pada penelitian yang lain, Putra, et al. (2022) mengaplikasikan beton ringan sebagai dinding dengan perkuatan baja tulangan untuk memenuhi kestabilan struktur saat diberi beban siklik.

Dari ketiga penelitian di atas, ternyata perlu ditinjau lebih lanjut mengenai pengaplikasian beton ringan beragregat batu apung sebagai elemen dinding. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi apakah dinding yang menggunakan beton ringan beragregat kasar batu apung mampu diaplikasikan pada berbagai kondisi di lapangan seperti saat pengangkatan dan penegakkan, serta diberikan beban angin.

Tinjauan Pustaka

Beton Ringan

Beton ringan atau *light weight concrete*, campurannya terdiri dari agregat kasar ringan dan pasir alam yang memiliki ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1.850 kg/m^3 . Serta, harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik belah untuk mencapai tujuan sebagai elemen struktural. Untuk membuat beton ringan, menurut Hendra, A. (2017) ada beberapa cara yang dapat dilakukan sebagai berikut:

- Membuat gelembung udara dalam adukan beton.
- Menggunakan agregat ringan.
- Membuat beton tanpa pasir.

Pemilihan substitusi agregat kasar menggunakan batu apung menjadi pilihan karena berat isi batu apung yang ringan dibandingkan dengan agregat kasar lain seperti batu pecah. Dengan penggunaan maksimal ukuran butir agregat kasar sebesar 10-20 mm, batu apung dapat membuat berat beton menjadi lebih ringan.

Dinding

Dinding merupakan elemen yang berfungsi sebagai pembatas antara ruangan-ruangan di dalam bangunan, mampu memberikan perlindungan dari cuaca, dan juga sebagai penopang beban vertikal dan horizontal (Hazairin, et al., 2019). Dinding juga dapat dibangun dengan berbagai jenis material konstruksi seperti batu, beton, bata, kayu, atau bahkan material modern lainnya seperti aluminium dan kaca (Enda, D., 2016). Perancangan dan konstruksi dinding dapat berbeda tergantung dari kebutuhan dan tujuan bangunan. Berdasarkan fungsinya pada struktur bangunan, maka dinding dapat dibedakan menjadi 2 (dua) jenis yaitu:

Dinding struktural.

Dinding struktural adalah jenis dinding yang memiliki fungsi utama sebagai penopang beban vertikal dan horisontal pada bangunan. Dinding struktural biasanya terbuat dari material yang kokoh dan tahan lama seperti beton bertulang atau batu bata, serta dapat menahan beban atap, lantai, dan beban hidup lainnya yang terpadat pada bangunan. Selain itu, dinding struktural juga dapat menahan beban gempa dan beban angin yang mungkin terjadi pada bangunan tersebut.

Dinding non-struktural.

Dinding non-struktural adalah jenis dinding yang tidak memiliki fungsi utama sebagai penopang beban vertikal dan horizontal pada bangunan. Dinding non-struktural biasanya terbuat dari material yang lebih ringan seperti gypsum board, kayu, atau bata ringan. Fungsi utama dari dinding non-struktural adalah sebagai pembatas antara ruangan, serta untuk memberikan privasi kepada penghuni bangunan.

Uji Kuat Tekan Baja Tulangan

Pengujian kuat tarik baja tulangan dilakukan menggunakan benda uji berupa baja tulangan berdiameter 8 mm dengan panjang 40 cm. Adapun hasil pengujian kuat tarik didapatkan bahwa nilai f_y sebesar 296,44 MPa.

Kapasitas Lentur Dinding Beton Ringan Beragregat Kasar Batu Apung

Nilai kuat lentur dinding beton ringan beragregat kasar dipengaruhi oleh ketebalan dinding, luas permukaan, dan tipe penulangan. Pada dinding Db.A dengan tebal 9 cm; tipe penulangan rangkap; nilai kapasitas lenturnya adalah 22,322 kNm; sedangkan pada dinding Db.B dengan tebal 9 cm; tipe penulangan rangkap; nilai kapasitas lenturnya adalah 29,876 kNm. Tabel 2 menunjukkan perbandingan nilai kapasitas lentur dinding beton ringan beragregat kasar batu apung secara rinci.

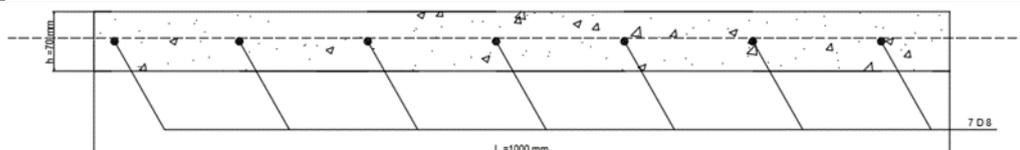
Tabel 2. Kapasitas Lentur Dinding Beton Ringan Beragregat Kasar Batu Apung

Dinding	Tinggi (m)	Lebar (m)	Tebal (m)	Kapasitas Lentur (kNm)	
				Tulangan Tunggal	Tulangan Rangkap
Db.A	3	3	0,05	6,48	7,63
			0,07	9,16	16,60
			0,09	11,84	22,32
Db.B	3	4	0,05	8,71	15,47
			0,07	12,33	19,54
			0,09	15,59	29,88

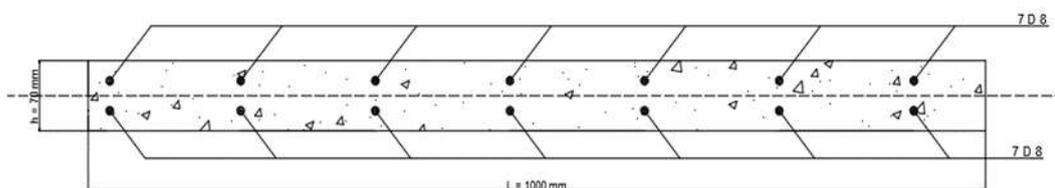
Dimensi dinding memberikan kebutuhan tulangan yang berbeda. Dinding dengan dimensi yang lebih besar menghasilkan kapasitas lentur yang lebih tinggi disebabkan tulangan yang digunakan lebih banyak. Tabel 3 menunjukkan kebutuhan tulangan pada dinding beton ringan beragregat kasar batu apung.

Tabel 3. Kebutuhan Tulangan pada Beton Ringan Beragregat Kasar Batu Apung

Dinding	Kebutuhan Tulangan (buah)		Luas Tulangan Total (mm ²)	
	x	y	Tulangan Tunggal	Tulangan Rangkap
Db.A	20	20	2.009,60	4.019,20
Db.B	26	20	2.311,04	4.622,80



Gambar 1. Sketsa penulangan tunggal dinding beton ringan beragregat kasar batu apung



Gambar 2. Sketsa penulangan rangkap dinding beton ringan beragregat kasar batu apung

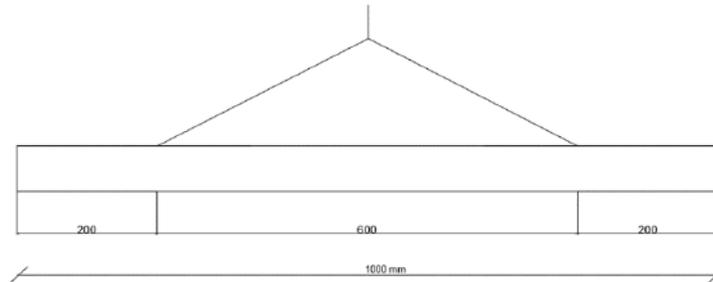
Kapasitas Lentur Dinding Beton Ringan Beragregat Kasar Batu Apung terhadap Kondisi *Lifting*

Pada saat kondisi *lifting* (pengangkatan), tegangan yang bekerja akan mempengaruhi nilai momen lentur pada dinding beton ringan. Kondisi *lifting* yang optimum akan mengurangi tegangan yang bekerja, sehingga momen lentur yang timbul akibat kondisi *lifting* tidak melebihi kapasitas momen lentur dan dinding tidak mengalami kerusakan yang berarti. Sebelum meninjau tegangan pada kondisi *lifting*, maka perlu dilakukan

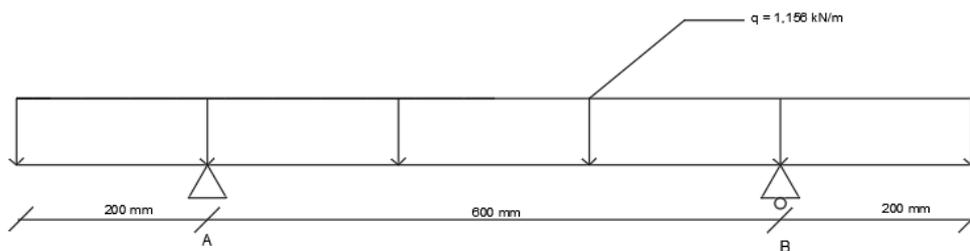
penentuan posisi yang optimum halmana jarak 1/5 dari panjang bentang sehingga menghasilkan momen lentur yang paling seimbang seperti disajikan Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Nilai Momen Lentur pada Kondisi *Lifting*

Posisi Tumpuan	M_A (kNm)	M_B (kNm)
1/3L	-0,062	-0,046
1/4L	-0,035	0
1/5L	-0,023	0,029



Gambar 3. Sketsa pengangkatan dinding posisi 1/5L



Gambar 4. Sketsa pembebanan kondisi *lifting*

Setelah menentukan posisi optimum pengangkatan dinding, selanjutnya adalah menganalisis tegangan pada posisi tersebut dengan menggunakan piranti lunak Ansys student version, berikut adalah data yang di-inputkan antara lain:

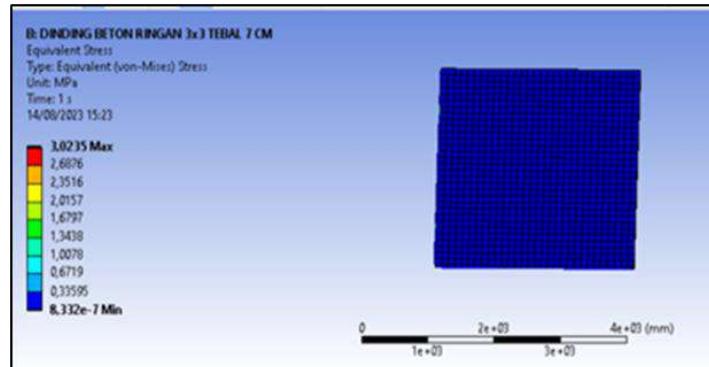
- Mutu beton = 10,02 MPa.
- Mutu baja tulangan = 296,44 MPa.
- Modulus elastisitas beton = 2.172.838,953 Psi.
- Rasio *Poisson* = 0,2.
- Sudut dilatasi = 30°.
- Regangan saat puncak tekan = 0,0024.

Tabel 5 menunjukkan rangkuman hasil analisis tegangan dari piranti lunak Ansys student version. Gambar 5 menunjukkan salah satu contoh hasil analisis tegangan pada kondisi *lifting* dari piranti lunak Ansys student version.

Tabel 5. Nilai Tegangan pada Kondisi *Lifting*

Dinding	Tebal (m)	Tegangan (MPa)	Momen Kritis (kNm)
Db.A	0,05	3,57	4,47
	0,07	3,02	7,41
	0,09	2,66	10,76

	0,05	3,58	5,96
Db.B	0,07	3,02	9,88
	0,09	2,65	14,34



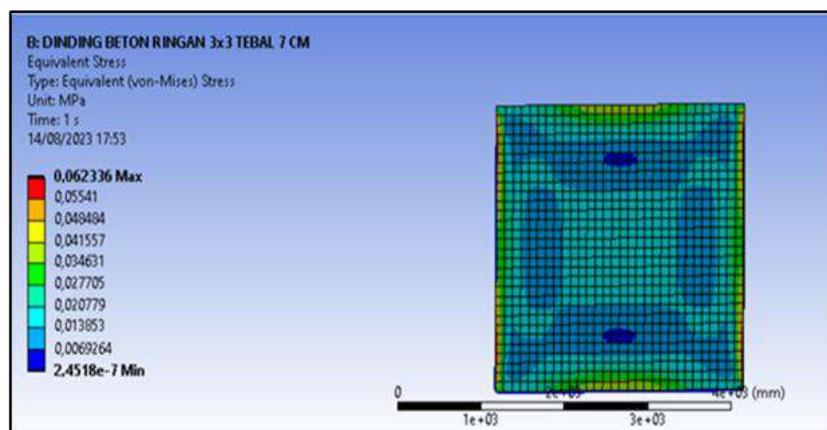
Gambar 5. Result nilai tegangan pada kondisi *lifting*

Kapasitas Lentur Dinding Beton Ringan Beragregat Kasar Batu Apung Akibat Beban Angin

Kapasitas lentur dinding beton ringan beragregat kasar batu apung akibat beban angin pada saat kondisi pemasangan, berupa tegangan tersaji pada Tabel 6. Berdasarkan SNI 1727:2013, nilai beban angin untuk bangunan tertutup sebagian tidak boleh lebih kecil dari 0,77 kN/m² dikalikan dengan luas dinding bangunan. Gambar 6 menunjukkan salah satu contoh hasil analisis tegangan akibat beban angin dari piranti lunak Ansys student version.

Tabel 6. Nilai Tegangan Akibat Beban Angin

Dinding	Tebal (m)	Tegangan (MPa)	Momen Kritis (kNm)
Db.A	0,05	0,098	7,35
	0,07	0,062	6,51
	0,09	0,042	5,67
Db.B	0,05	0,124	16,53
	0,07	0,079	17,75
	0,09	0,055	13,20



Gambar 6. Result nilai tegangan akibat beban angin



Dari hasil tegangan pada kondisi *lifting* dan akibat beban angin, kemudian dibandingkan dengan kapasitas lentur teoritis untuk menentukan tipe penulangan yang akan digunakan pada masing-masing dimensi dinding, seperti disajikan pada Tabel 7 berikut.

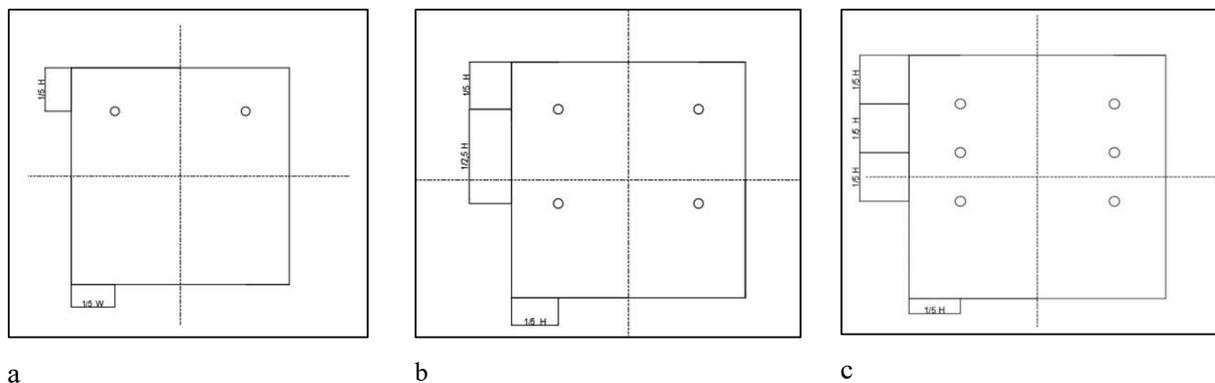
Tabel 7. Nilai Momen Lentur pada Kondisi *Lifting*

Dinding	Tebal (m)	Tipe Penulangan
Db.A	0,05	Rangkap
	0,07	Tunggal
	0,09	Tunggal
Db.B	0,05	-
	0,07	Rangkap
	0,09	Tunggal

Pada dinding Db.B dengan tebal 0,07 m perlu digunakan mutu tulangan yang lebih tinggi atau menambah ketebalan karena kapasitas lentur dinding Db.B secara teoritis masih lebih kecil dibandingkan momen kritis pada kondisi *lifting* dan akibat beban angin.

Kapasitas Lentur Dinding Beton Ringan Beragregat Kasar Batu Apung pada Kondisi *Tilting*

Analisis ini dimaksudkan untuk menemukan kondisi penegakkan (*tilting*) dinding beton ringan beragregat kasar batu apung yang efektif di lapangan. Pada analisis ini, dinding disimulasikan dan dimodelkan mengalami kondisi penegakkan (*face lifting*) atau kondisi halmana penegakkannya atau pengangkatannya dilakukan dengan memasang tumpuan saat penarikan pada permukaan dinding. Berikut adalah kondisi yang *face lifting* yang ditinjau pada penelitian ini dengan mempertimbangkan jarak $1/5L$ berdasarkan perhitungan teoritis sebelumnya. Ada 3 (tiga) kondisi yang ditinjau, yaitu kondisi 1 dengan 2 tumpuan; kondisi 2 dengan 2 tumpuan dan 2 tumpuan lainnya berada pada jarak sejauh $1/2,5$ tinggi dinding; serta kondisi 3 dengan 6 tumpuan masing-masing berada pada jarak sejauh $1/5$ dari tinggi dinding.



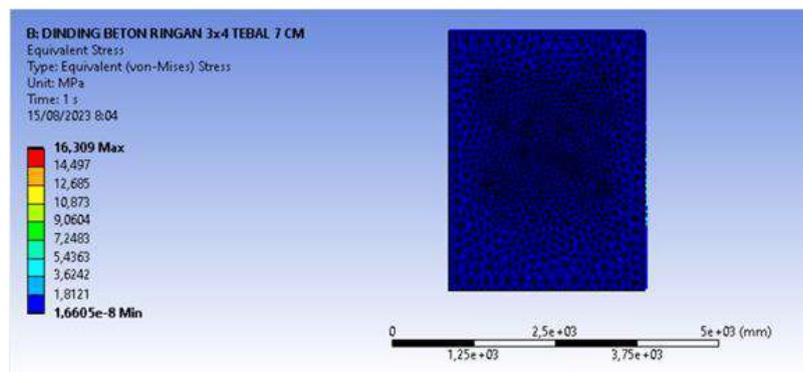
Gambar 7. Sketsa kondisi *tilting* (a) kondisi 1 (b) kondisi 2 (c) kondisi 3

Dinding yang dianalisis adalah Db.A dan Db.B dengan tebal 7 cm. Tabel 8 menunjukkan hasil resume tegangan pada kondisi *tilting*.

Tabel 8. Nilai Tegangan pada Kondisi *Tilting*

Dinding	Tebal (m)	Berat Sendiri (kN)	Tegangan (MPa)		
			Kondisi 1	Kondisi 2	Kondisi 3
Db.A	0,07	3,47	19,43	9,36	15,94
Db.B	0,07	4,63	23,26	16,31	21,19

Dari Tabel 8 di atas dapat dilihat bahwa kondisi yang paling efektif dalam penegakkan dinding adalah kondisi 2 halmana pada kondisi tersebut memberikan tegangan paling kecil pada kedua model dinding. Jumlah tumpuan berpengaruh pada hasil tegangan, dimana jumlah 2 tumpuan menghasilkan tegangan yang paling besar dibandingkan 4 dan 6 tumpuan, namun kondisi 3 dimana memiliki 6 tumpuan menghasilkan tegangan yang lebih besar dibandingkan kondisi 2 yang memiliki 4 tumpuan. Hal ini berarti jarak antara 1 tumpuan dengan tumpuan lainnya harus diperhatikan, jarak yang lebih besar antara 1 tumpuan dengan tumpuan lainnya menghasilkan tegangan yang lebih kecil. Hasil tegangan pada software dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Result nilai tegangan pada kondisi *tilting*

Dari hasil analisis, maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar jarak antara tumpuan 1 dengan tumpuan lainnya lebih berpengaruh pada tegangan saat penegakkan dibandingkan dengan jumlah tumpuan yang dipasang.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan yang telah dibahas sebelumnya, maka didapatkan beberapa kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan sebagai berikut.

- Kuat tekan dari beton ringan beragregat kasar batu apung pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari adalah sebesar 4,31 MPa; 5,65 MPa; 7,71 MPa; dan 10,02 MPa. Dari hasil pengujian kuat tekan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa beton mampu digunakan sebagai material pembuatan dinding non-struktural. Akan tetapi, diperlukan perkuatan dengan baja tulangan agar dinding tersebut mampu digunakan sebagai elemen struktural.
- Kuat tarik leleh dari tulangan D8 dengan panjang 40 cm adalah 296,44 MPa, serta nilai kuat tarik maksimumnya adalah 383,67 MPa. Oleh karena itu, tulangan ini dapat dikategorikan memiliki mutu BjTS 280 seperti yang disyaratkan SNI 2052:2017.
- Berdasarkan hasil perhitungan teoritis diperoleh bahwa jarak yang paling optimum untuk meletakkan tumpuan pada dinding terhadap kondisi pengangkatan (*lifting*) adalah $1/5L$, halmana nilai M_A dan M_B berturut-turut adalah -0.023 kNm dan 0,028 kNm sehingga nilai momen lentur pada bentang hampir bernilai 0. Oleh karena itu, jarak $1/5L$ ini mampu meminimalisir keretakan pada saat pengangkatan (*lifting*).
- Berdasarkan hasil pemodelan dan analisis menggunakan piranti lunak Ansys student version, maka diperoleh nilai tegangan pada dinding beton ringan beragregat kasar batu apung terhadap kondisi pengangkatan (*lifting*) dan akibat beban angin yang paling optimum sehingga tipe penulangan yang mampu diaplikasikan pada dinding berdimensi $3 \times 3 \text{ m}^3$ dengan tebal 5, 7, dan 9 cm adalah tipe penulangan rangkap, tunggal, dan tunggal. Sedangkan pada dinding berdimensi $3 \times 4 \text{ m}^2$ dengan tebal 7 dan 9 cm adalah tipe penulangan rangkap dan tunggal. Sementara itu, pada dinding berdimensi $3 \times 4 \text{ m}^2$ dengan tebal 5 cm, nilai momen lentur akibat tegangan ternyata lebih besar



dibandingkan dengan momen lentur nominalnya sehingga disarankan dinding dipertebal atau diperkuat dengan menggunakan tulangan yang mutunya lebih tinggi.

- Berdasarkan hasil pemodelan dan analisis menggunakan piranti lunak Ansys student version, juga diperoleh nilai kapasitas tegangan pada dinding beton ringan beragregat kasar batu apung terhadap kondisi penegakkan (*tilting*) yang paling optimum terdapat pada kondisi 2, halmana nilai tegangan pada dinding berdimensi 3 x 3 m² adalah sebesar 9,36 MPa sedangkan pada dinding berdimensi 3 x 4 m² adalah sebesar 16,31 MPa. Hal ini dikarenakan, semakin besar jarak antara tumpuan yang satu dengan tumpuan lainnya ternyata lebih berpengaruh terhadap nilai tegangan dibandingkan dengan jumlah tumpuan yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2002). SNI 03-3449-2002 tentang tata cara rencana pembuatan campuran beton ringan dengan agregat ringan. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 1974:2011 tentang cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). SNI 2847:2013 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). SNI 2052:2017 tentang baja tulangan beton. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). SNI 8389:2017 tentang cara uji tarik logam. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Enda, D. (2016). Kajian eksperimental material dan elemen dinding beton beragregat kasar styrofoam dengan lapisan coating. Tesis. Program Studi Magister Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Hazairin, Herbudiman, B., Desmaliana, E., dan Dinillah, B. P. (2019). "Kajian kuat lentur pelat floating concrete". Konferensi Nasional Teknik Sipil 13, Banda Aceh, 19-21 September 2019, 220-229.
- Hendra, A. (2017). Penggunaan debu batu sebagai pengganti pasir pada pembuatan panel beton. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta (UNY), Yogyakarta.
- Miswar, K. (2020). "Pemanfaatan batu apung sebagai material beton ringan". PORTAL Jurnal Teknik Sipil, 12(1), 25-32.
- Pamungkas, F. Y. (2012). Pengaruh penggunaan dinding beton ringan pada pengurangan dimensi elemen struktur gedung bertingkat. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember, Jember.
- Putra, J. P., Hanafiah, dan Nurjannah, S. A. (2022). "Analisis numerik perilaku dinding panel beton ringan dengan variasi dimensi akibat beban siklik". JMETS: Jurnal Mitra Teknik Sipil, 5(3), 615-628.
- Sihab, W. (2023). Studi eksperimental beton ringan dengan material substitusi agregat halus serbuk gergaji dan material substitusi agregat kasar dengan batu apung. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Bandung, Bandung.

ANALISIS PERKERASAN ASPAL BUTON PEN 60/70 & PG76 (30:70) TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL

Yovan Ikhwandito^{1*}, Andi Marini Indriani², Gunaedy Utomo³

^{1,2,3*} Prodi Teknik Sipil, Universitas Balikpapan, Jl. Pupuk Raya No.1, Balikpapan, 76114
e-mail: 197011448@uniba-bpn.ac.id

ABSTRAK

Indonesia, dengan iklim tropis basah dan tingginya curah hujan, menghadapi tantangan besar dalam menjaga perkerasan jalan, terutama dengan volume kendaraan yang terus meningkat. Aspal atau bitumen, yang merupakan senyawa hidrokarbon, digunakan secara luas di Indonesia, terutama Buton PEN 60/70 yang memiliki harga lebih terjangkau dibandingkan aspal impor dengan nilai penetrasi serupa. Namun, aspal ini rentan terhadap air, suhu tinggi, dan lalu lintas berat, sehingga memendekkan umur layan perkerasan. Untuk mengatasi masalah ini, digunakan aspal polimer seperti aspal PG 76, yang memiliki kinerja lebih baik meskipun dengan harga lebih tinggi. PG 76 dapat meningkatkan umur layan perkerasan hingga 7 tahun, berbanding 3,5 tahun pada PEN 60/70. Ini menjadi landasan penelitian untuk mencari kombinasi PEN 60/70 dan PG 76 guna menjaga kualitas perkerasan yang baik dengan biaya yang lebih terkendali.

Kata kunci: AC-WC, 60/70, PG 76, KAO, Polimer.

PENDAHULUAN

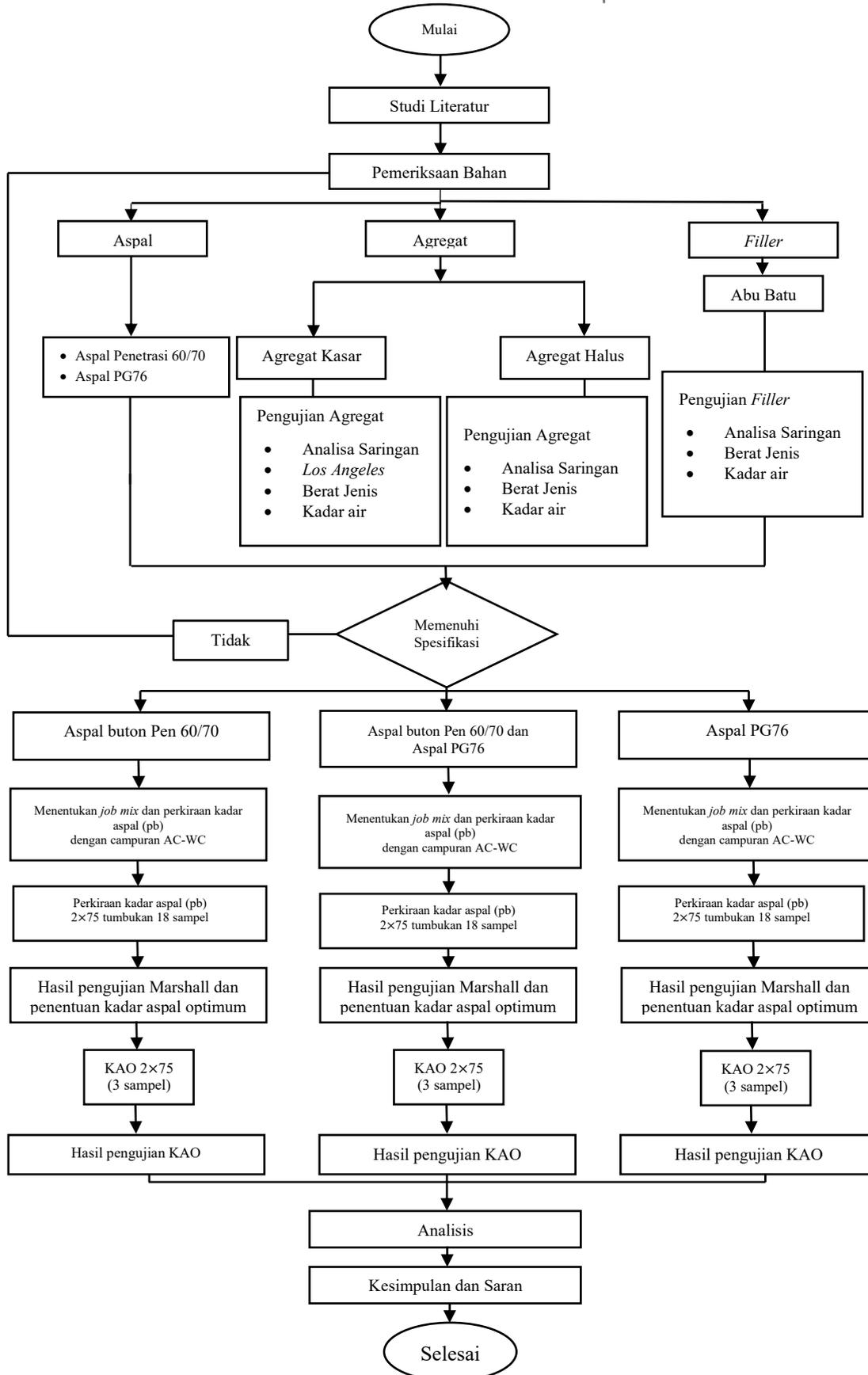
Indonesia, dengan iklim tropis basah dan curah hujan tinggi, menghadapi tantangan besar dalam menjaga perkerasan jalan. Perkembangan industri konstruksi jalan semakin berkembang pesat. Perkembangan ini diikuti oleh penemuan-penemuan inovasi material / bahan. Untuk mendukung perkembangan teknologi konstruksi jalan yang semakin maju diperlukan material/bahan yang bermutu dan berkualitas tinggi, oleh karena itu perlu pengetahuan tentang jenis dan karakteristik dari material / bahan konstruksi. Dengan volume kendaraan yang terus meningkat setiap tahunnya, bersamaan dengan curah hujan yang tinggi, risiko kerusakan perkerasan jalan semakin besar. Aspal atau bitumen, yang sudah dikenal sebelum era eksploitasi minyak bumi sebagai produk alam, digunakan secara luas dalam konstruksi jalan di Indonesia. Meskipun Buton PEN 60/70 adalah jenis aspal yang paling umum digunakan karena harganya yang lebih terjangkau dibandingkan dengan aspal impor yang memiliki penetrasi serupa, PEN 60/70 memiliki kerentanan terhadap air, suhu tinggi, dan lalu lintas berat yang menyebabkan umur layan perkerasan yang pendek. Sebagai alternatif, aspal polimer seperti PG 76 digunakan untuk menciptakan campuran dengan stabilitas yang baik pada suhu tinggi, meskipun dengan biaya yang lebih tinggi. Meskipun harganya mahal, PG 76 memiliki umur layan yang jauh lebih lama dibanding PEN 60/70, sehingga menarik minat peneliti untuk mengkaji karakteristik Marshall perkerasan AC-WC ketika menggunakan kombinasi PEN 60/70 dan PG 76 sebagai upaya untuk mengurangi biaya sambil tetap menghasilkan kualitas perkerasan yang memadai.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Sipil Universitas Balikpapan. Pencampuran untuk campuran aspal PEN 60/70 dengan PG 76 dilakukan pada saat aspal dalam kondisi panas dengan perbandingan campuran 30:70, campuran kedua aspal ini dilakukan sebelum agregat ditimbang. Setelah agregat dan aspal dicampur dalam kondisi panas, campuran dimasukkan ke dalam *mold* dengan temperatur pemadatan 150°C untuk aspal PEN 60/70, 162°C untuk aspal PG 76, dan 156°C untuk aspal PEN 60/70 dengan PG 76. Kemudian dilanjutkan dengan penumbukan sebanyak 2 x 75 kali, menggunakan penumbuk *Marshall*. Benda uji setelah dipadatkan, disimpan pada suhu ruang selama 24 jam, kemudian benda uji ditimbang di udara, di dalam air dan dalam kondisi kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry, SSD*), untuk mendapatkan berat jenis *bulk* (*Bulk Specific Gravity*). Benda uji



direndam dalam bak perendam selama 30 menit pada suhu 60°C , Selanjutnya dilakukan pengujian marshall test Pada saat itu segera dilakukan pengukuran terhadap stabilitas dan kelelahan (*flow*)



Gambar 1. Bagan Alir



HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemeriksaan Material

digunakan adalah aspal PEN 60/70, aspal PG 76 serta campuran aspal PEN 60/70 dengan aspal PG 76 dengan perbandingan campuran 30:70. Hasil pengujian kualitas semua material yang digunakan dalam penelitian ini sangat berpengaruh dalam kinerja campuran yang dihasilkan. Untuk hasil pengujian properties Agregat Halus, Agregat Kasar dan filler dapat dilihat pada Tabel 1, 2 dan 3. Berdasarkan pengujian agregat kasar, agregat halus dan filler. Yang telah dilaksanakan hasil yang didapatkan telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2 Divisi 6.

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

Pengujian	Hasil Rata-rata	Spesifikasi	Satuan	Syarat
Kadar Air	4,370	-	%	-
Berat Jenis	2,525	2,5 - 2,7	g/cm^3	Memenuhi
Penyerapan	1,174	Maks 3	%	Memenuhi
Lolos Ayakan 200	5,58	10%	%	Memenuhi

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Pengujian	Hasil Rata-rata	Spesifikasi	Satuan	Keterangan
Kadar Air	2,590	-	%	-
Berat Jenis	2,543	2,5 - 2,7	g/cm^3	Memenuhi
Penyerapan	0,900	Maks 3	%	Memenuhi
Lolos Ayakan 200	0,45	1	%	Memenuhi
Abrasi	26,60	40	%	Memenuhi

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Bahan Pengisi (Filler)

Pengujian	Hasil Rata-rata	Spesifikasi	Satuan	Keterangan
Berat Jenis	2,545	Min 2,5	g/cm^3	Memenuhi
Penyerapan	0,691	Maks 3	%	Memenuhi
Lolos ayakan 200	75,09	Maks 75	%	Memenuhi

Hasil Karakteristik Pengujian Marshall Dengan Metode Marshall Test

melakukan pengujian marshall pada aspal kombinasi PEN 60/70 dan PG76 perbandingan 30:70 sampel nilai karakteristik marshall akan muncul nilai tersebut ialah stabilitas, Flow, VIM, VFA dan VMA. Yang dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4. Hasil Pengujian Marshall Aspal kombinasi 30:70

Parameter Marshall	Satuan	Kadar Aspal						Spesifikasi AC-WC
		5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	
Stabilitas	Kg	1.880	1.787	1.691	1.530	1.427	1.309	Min 1.000
Flow	%	4,53	3,87	3,20	2,87	2,68	2,52	Min 2 - 4
VIM	%	4,9	3,8	3,2	2,8	2,5	2,0	Min 3 Max 5
VMA	%	15,2	16,0	16,4	17,1	17,8	18,4	Min 15
VFA	%	69,2	76,4	80,7	83,3	86,0	89,2	Min 65

Pengaruh Kadar Aspal Gabungan Terhadap Stabilitas

Berdasarkan Gambar 6 menunjukkan bahwa dengan semakin tingginya penambahan kadar aspal maka nilai stabilitas campuran akan cenderung menurun. Penurunan nilai stabilitas *Marshall* ini disebabkan karena dengan penggunaan kadar aspal yang semakin tinggi dalam campuran akan mempertebal lapisan aspal yang menyelimuti agregat, maka celah atau jarak diantara agregat (VMA) akan menjadi lebih besar, sehingga mengurangi gesekan internal pada agregat yang menyebabkan penurunan terhadap nilai stabilitas *Marshall*.