

PERBANDINGAN ANTARA SISTEM RANGKA BATANG BIDANG (*PLANE TRUSS*) DENGAN SISTEM RANGKA RUANG(*SPACE TRUSS*) PADA PERENCANAAN STRUKTUR ATAP STADION UTAMA RIAU

Ikhsan Nofrianto¹, Alex Kurniawandy², Iskandar Romey s²

¹Jurusan Teknik Sipil, Program S-1, Fakultas Teknik Universitas Riau

²Staff Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru

E-mail: Ikhsan_nofrianto@yahoo.co.id

ABSTRACT

The roof structure of Riau Main stadium was a long span roof structure that designed as an arch structure. The main frame of this structure is using plane truss system with the length of span up to 45 metres. But in fact, it was rarely used as a stadium roof structure right now. Space truss is one of many kind of stadium roof structure widely used especially in long span design and also with it's advantages, it could be considered. The purpose of this research was to compare of the stiffness, the strength and the economical aspect of the roof structure framework beetwen the Space truss system towards the Plane truss system.

In this final project was presented the results of structure design that in case, the Using of space truss system as the roof structure designed has more higher stiffness values than a plane truss, the space truss-pipe system has the lightes weight with efficiency value up to 23.19 % against the plane truss weight, and the space truss-combination system has efficiency 19,91% against the plane truss weight. From the the strength ratio aspect, space truss structure could match the strength of the plane truss structure, in erection of segmen 3, the space truss-pipe structure has the highest stiffness towards the earthquake and the wind force as well as It's strength . in Conclusion the using of the space truss structure was more economic especially space truss-pipe structure.

Key words : Plane truss, Space truss, Stadium, Stiffness

PENDAHULUAN

Struktur atap Stadion Utama Riau merupakan sebuah struktur atap bentang lebar yang dalam perencanaannya didesain sebagai atap lengkung yang memiliki nilai artistik tinggi dengan konstruksi berupa sistem rangka baja yang dibuat melengkung. Struktur utama pada rangka struktur atap stadion ini menggunakan sistem rangka batang bidang (*Plane truss*) dengan bentang struktur mencapai hingga 45 meter.



Gambar 1. Struktur rangka baja struktur atap main stadium UR

Rangka batang bidang merupakan susunan elemen-elemen linear yang membentuk segitiga atau kombinasi segitiga yang secara keseluruhan berada di dalam satu bidang tunggal (Ariestadi,2008).

Penggunaan baja dengan sistem struktur ini pada bentang panjang yang berdiri bebas tanpa penumpu memang menghasilkan penggunaan material yang lebih sedikit namun juga menghasilkan profil yang lebih besar dan berat hingga akan sangat berpengaruh pada perencanaan struktur dibawahnya dan tentunya juga proses mobilisasi.

Namun jika diperhatikan lebih jauh, penggunaan sistem rangka bidang (*Plane truss*) sebagai penyusun struktur utama dengan rangka ujung berdiri bebas terlihat jarang dipergunakan pada struktur stadion, hampir seluruh bangunan stadion dengan struktur atap bentang lebar, Bahkan untuk struktur rangka atap stadion lain yang terdekat dengan stadion utama Riau seperti stadion renang *Rumbai Sport Centre*, Stadion Gelanggang Remaja dan Stadion anggar yang berada di Universitas Lancang Kuning di Rumbai juga menggunakan sistem Rangka ruang (*Space truss*). Struktur rangka ruang adalah komposisi dari batang-batang yang masing-masing berdiri sendiri, memikul gaya tekan atau gaya tarik yang sentris dan dikaitkan satu sama lain dengan sistem tiga dimensi atau ruang (macdonald,2002).



Gambar 2. Struktur space truss

Rangka batang bidang (*Plane truss*) memang memiliki keunggulan yaitu hanya memerlukan material lebih sedikit daripada rangka ruang untuk fungsi yang sama, dengan demikian apabila rangka batang digunakan sebagai elemen yang membentang satu arah, sederetan rangka batang bidang akan lebih menguntungkan dibandingkan dengan sederetan rangka ruang (*Space truss*). Namun sebaliknya, konfigurasi Rangka ruang seringkali terbukti lebih efisien dibandingkan beberapa rangka batang yang digunakan untuk membentuk sistem dua arah. Rangka batang ruang juga terbukti lebih efisien bila dibandingkan beberapa rangka batang yang digunakan sebagai rangka berdiri bebas tanpa balok transversal yang menjadi penghubung antar rangka batang di tepi atas (Ariestadi, 2008) .

Selain itu, ditambah lagi dengan keunggulan yang dimiliki struktur *Space truss* yakni dapat menghemat hingga sekitar 30% bila dibandingkan terhadap penggunaan baja konvensional. Sehingga dengan menggunakan desain rangka ruang atau *Space truss* ini bangunan akan tampak ringan, artistik, dan juga ekonomis (Sauman, 2008).

Namun dalam perencanaan struktur selain kekuatan dan keekonomisan, hal-hal yang harus diperhatikan dalam merancang suatu struktur adalah kekakuan, kestabilan serta bagaimana perilaku struktur dalam menahan beban yang terjadi. Pada struktur yang stabil apabila dikenakan beban, struktur tersebut akan mengalami perubahan bentuk (deformasi) yang lebih kecil dibandingkan struktur yang tidak stabil. Hal ini disebabkan karena pada struktur yang stabil memiliki kekuatan dan kestabilan dalam menahan beban (Schodek ,1999).

Pada struktur rangka atap dengan rangka berdiri bebas, ada kemungkinan struktur tersebut akan mengalami tekuk lateral pada seluruh bagian struktur, hal ini berbeda terhadap

rangka batang 3 dimensi yang memiliki tahanan lebih terhadap tekuk lateral karena konfigurasi strukturnya dalam arah tiga dimensi (Schodek ,1999).

Hal ini mengingat peristiwa runtuhnya rangka atap baja stadion (segmen 3) pada hari minggu jam 22.00 wib tanggal 5 maret 2011. Runtuhnya struktur atap stadion terjadi ketika struktur baja tersebut dihantam angin dengan kecepatan hingga 30 mil/jam, dimana kecepatan angin masih di bawah badai lemah (75 mil /jam) sehingga angin yang menerpa belum dapat di kategorikan badai/bencana. Penyebab keruntuhan baja adalah pemakaian metode pelaksana konstruksi tidak memperhitungkan ke stabilan arah horizontal, serta tidak memperhitungkan keamanan dan keselamatan pada kondisi beban terburuk (Sinar Indonesia 2011).



Gambar 3. Bengkoknya struktur baja karena tiupan angin kencang

Hal ini mungkin saja terjadi, karena pada saat pemasangan segmen 3, *bracing*/pengaku horizontal struktur rangka atap yang ada belum terpasang, sehingga kekakuan struktur rangka atap dalam arah horizontal belum terkunci sempurna.

Untuk itu penulis merasa tertarik untuk meninjau mengenai penggunaan sistem rangka ruang (*Space truss*) dalam perencanaan ini yang jelas memiliki beberapa keunggulan sehingga dapat dibandingkan nilainya dari segi kekuatan, kekakuan maupun keekonomisan struktur baik dari segi perencanaan maupun kekuatan dan kekakuan struktur dalam tahap pelaksanaan segmen 3.

DATA DAN PERHITUNGAN

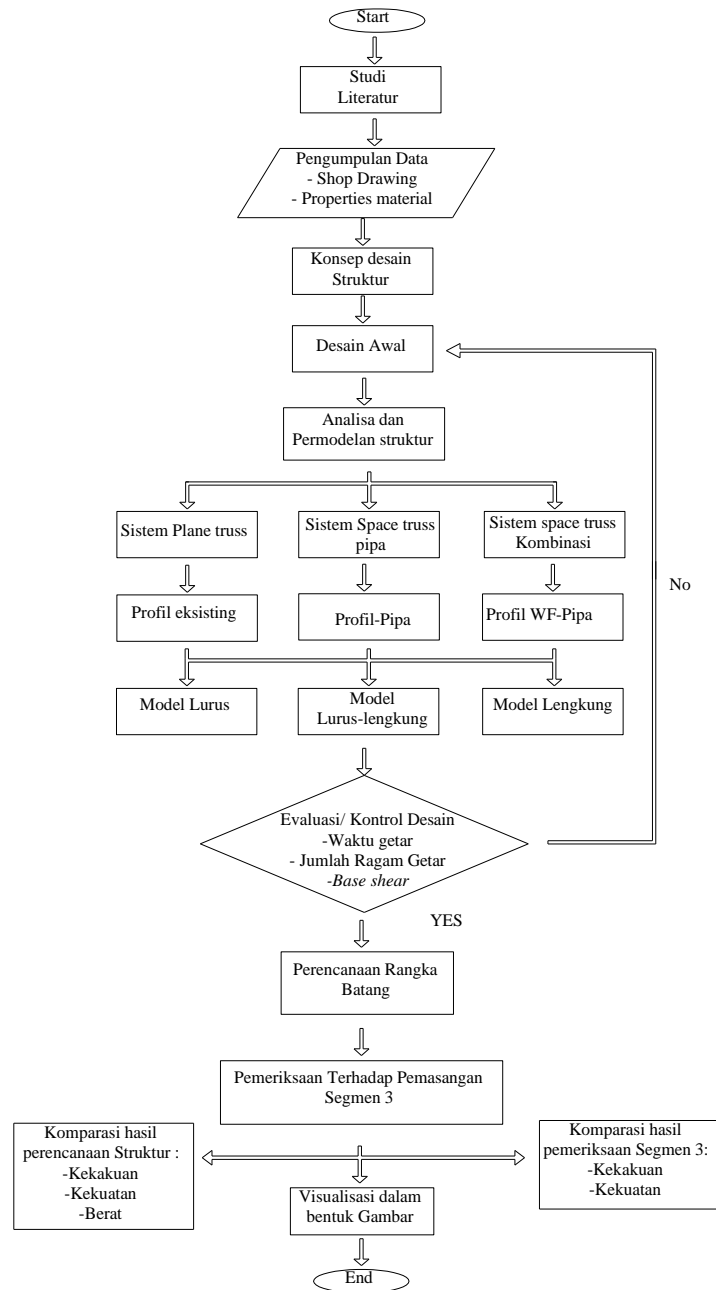
Metode yang digunakan dalam penyelesaian tugas akhir ini adalah dengan studi literatur atau kepustakaan yang berasal dari berbagai sumber seperti buku maupun dari jurnal-jurnal ilmiah yang berhubungan dengan masalah yang ditinjau yang mampu mendukung terselesaikannya tugas akhir ini. Selain itu, dalam tugas akhir ini juga akan dilakukan perhitungan analitis secara matematis dengan pedoman literatur sebagai referensi.

Dalam pengumpulan sTudi literatur ini penulis tidak hanya memahami tentang struktur rangka bidang maupun rangka ruang namun juga melakukan pemahaman terhadap literatur yang berkaitan dengan perencanaannya yaitu tentang:

- a. SNI 03 - 1729 - 2002 tentang tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung.
- b. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG) 1983.
- c. SNI-03-1726-2002 tentang standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur.

Dalam metode pengumpulan data, dilakukan dengan cara observasi langsung kelapangan guna mengumpulkan data-data teknis yang diperlukan dalam perencanaan dari lapangan seperti konsep desain perencanaan struktur atap berupa gambar denah maupun gambar detail perencanaan awal yang diterapkan dilapangan serta data-data properties bahan tersebut baik spesifikasi bahan dan mutu yang digunakan yang akan berguna dalam perencanaan atap dan untuk pembahasan dalam penelitian ini.

Secara keseluruhan metodologi dan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini seperti bagan alir berikut ini:



Gambar 4. Bagan alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa terhadap hasil perencanaan

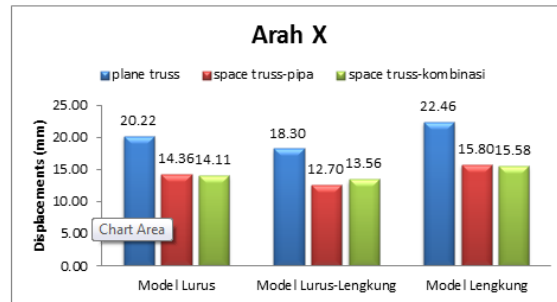
Berdasarkan hasil perhitungan struktur rangka batang yang telah dilakukan sebelumnya, terdapat beberapa perbedaan yang dapat diamati. Beberapa perbedaan yang akan dibahas dalam bab ini antara lain adalah kekakuan struktur rangka atap, kekuatan dan analisa berat komponen struktur rangka atap.

Kekakuan hasil perencanaan struktur rangka atap stadion utama

Kinerja batas layan struktur ditentukan berdasarkan besar simpangan/ *Displacements* antar tingkat yang terjadi sebagai akibat pengaruh besar gempa nominal yang berguna untuk membatasi pelelehan baja selain untuk mencegah terjadinya kerusakan struktur. Simpangan antar tingkat ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung akibat pengaruh gempa nominal yang telah dikalikan dengan faktor skala.

Tabel 1. Perbandingan nilai displacement arah X

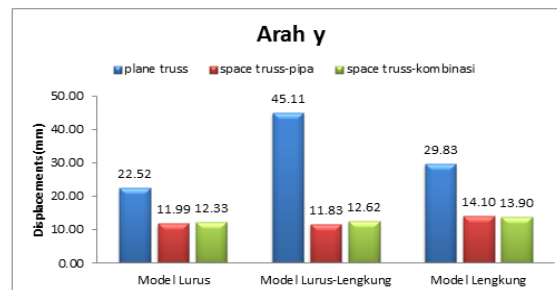
No	Model	Plane truss	Space truss-pipa	Effisiensi	Space truss-kombinasi	Effisiensi
		Di (mm)	Di (mm)	%	Di (mm)	%
1	Model lurus	20.22	14.36	28.97%	14.11	30.21%
2	Model lurus-lengkung	18.30	12.70	30.61%	13.56	25.92%
3	Model lengkung	22.46	15.80	29.65%	15.58	30.66%
Rata-rata		20.33	14.29	29.74%	14.42	28.93%



Gambar 5 Displacements arah X

Tabel 2. Perbandingan nilai displacement Arah Y

No	Model	Plane truss	Space truss-pipa	Effisiensi	Space truss-kombinasi	Effisiensi
		Di (mm)	Di (mm)	%	Di (mm)	%
1	Model lurus	22.52	11.99	46.76%	12.33	45.26%
2	Model lurus-lengkung	45.11	11.83	73.77%	12.62	72.03%
3	Model lengkung	29.83	14.10	52.72%	13.90	53.42%
Rata-rata		32.49	12.64	57.75%	12.95	56.90%



Gambar 6 Displacements arah Y

Dari hasil analisis yang ditampilkan pada tabel 1 dan gambar 5 untuk struktur arah X menunjukkan bahwa *Displacements* dengan penggunaan *Space truss*-pipa berkurang pada arah x sebesar 28,97% untuk model lurus, 30,61% untuk model lurus lengkung, dan 29,65% untuk model lengkung. Selain itu penurunan displacement pada arah x dengan *Space truss*-kombinasi juga terjadi sebesar 30,21% untuk model lurus, 25,92% untuk model lurus lengkung, dan 30,66% untuk model lengkung.

Sementara untuk arah y sesuai tabel 2 dan gambar 6 diatas secara signifikan juga terjadi penurunan nilai *Displacements* yang cukup besar yaitu pada struktur space pipa pada model lurus sebesar 46,76%, model lurus lengkung 73,77% dan model lengkung sebesar 52,72%. Selain itu penurunan displacement pada arah x dengan *Space truss*--kombinasi juga terjadi sebesar 45,26% untuk model lurus, 72,03% untuk model lurus lengkung dan 53,42% untuk model lengkung.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa struktur dengan konfigurasi *Space truss*-pipa secara signifikan dapat memberikan kekakuan lateral yang lebih baik ketika menerima beban yang bekerja sehingga dapat mengurangi simpangan/*Displacements* horizontal yang

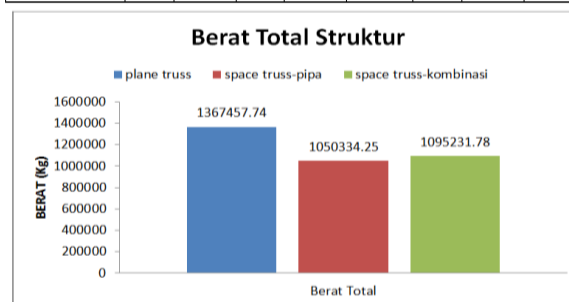
terjadi dibanding dengan struktur *Plane truss* dengan prosentase penurunan paling besar yaitu rata-rata sebesar 29,74% dan 57,75% untuk arah Y.

Berat hasil perencanaan struktur rangka atap stadion utama

Perhitungan berat komponen struktur didasarkan pada hasil perencanaan profil rangka atap yang telah dilakukan pada bab sebelumnya.

Tabel 3. Berat total komponen struktur

No	Model	Plane truss		Space truss-pipa		Effisiensi	Space truss-kombinasi		Effisiensi
		Unit	Berat	Unit	Berat	%	Unit	Berat	%
1	Model lurus	2664	278973	4070	212999	23.65%	4070	219944	21.16%
2	Model lurus-lengkung	4491	466770	6835	362497	22.34%	6835	380579	18.47%
3	Model lengkung	5551	621715	8739	474838	23.62%	8739	494708	20.43%
Total		12706	1367458	19644	1050334	23.19%	19644	1095232	19.91%



Gambar 7. Berat total struktur rangka atap

Berdasarkan data yang ditunjukkan pada tabel 3 dan gambar 7 diatas, dapat diketahui bahwa total berat struktur *Plane truss* jauh lebih besar jika dibandingkan dengan struktur *Space truss*-pipa maupun kombinasi meskipun jumlah unit yang digunakan struktur *Plane truss* jauh lebih kecil dibandingkan struktur *Space truss*. Dengan penggunaan sistem struktur *Space truss*, total berat struktur mengalami penurunan jika dibandingkan dengan struktur *Plane truss*.

Dari hasil analisis nilai prosentase penurunan berat struktur yang ditampilkan pada tabel 3 diatas jelas menunjukkan bahwa penggunaan struktur *Space truss*-mengalami penurunan total berat struktur sebesar 23,19% dan struktur *Space truss*-kombinasi sebesar 19,91%. Hal ini berarti dengan penggunaan struktur *Space truss*-pipa lebih ringan dan lebih ekonomis untuk digunakan.

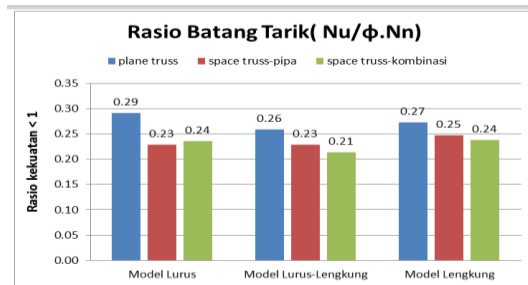
Kekuatan hasil perencanaan struktur rangka atap stadion utama

Analisis terhadap kekuatan dilakukan berdasarkan tahanan leleh dan tahanan ultimit yang dimiliki struktur. Kuat rencana tiap komponen tidak boleh kurang dari beban terfaktor yang dihitung yang ditunjukkan dalam besaran nilai rasio kekuatan. Berikut ini merupakan hasil rekapitulasi perhitungan rasio kekuatan rencana rangka batang tarik dan tekan struktur pada tabel 4 berikut ini.

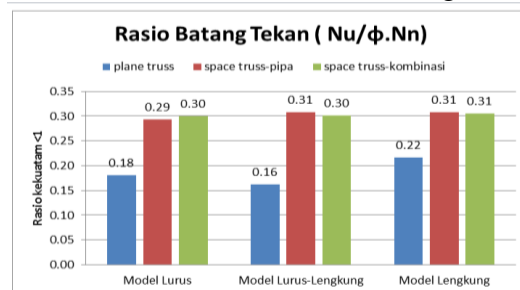
Tabel 4. Perbandingan nilai Rasio kekuatan rangka batang

No	Model	Plane truss			Space truss-pipa			Space truss-kombinasi			
		Tarik	Tekan	Tarik	Tekan	Tarik	Tekan	Tarik	Tekan	Tarik	Tekan
1	Model lurus	0.29	0.18	0.23	21.65	0.29	-38.57	0.24	19.24	0.30	-40.00
2	Model lurus-lengkung	0.26	0.16	0.23	11.97	0.31	-47.40	0.21	17.76	0.30	-46.18
3	Model lengkung	0.27	0.22	0.25	9.19	0.31	-29.55	0.24	12.50	0.31	-28.85
Rata-rata		0.274	0.19	0.234	14.27	0.30	-38.50	0.229	16.50	0.302	-38.34

Struktur dikatakan memenuhi syarat keamanan bila memenuhi syarat rasio kekuatan $\frac{Nu}{\phi \cdot Nn} \leq 1$. Berdasarkan data rekapitulasi kekuatan yang ditampilkan pada tabel 4.11 diatas, maka dapat dilihat bahwa diantara nilai tersebut terdapat perbedaan nilai kekuatan, diantaranya penurunan maupun kenaikan nilai kekuatan rangka batang. Untuk mengetahui perbandingan nilai rasio kekuatan rata-rata struktur tersebut dapat dilihat hasil analisis prosentase nilai rasio kekuatan rangka batang struktur seperti pada gambar 8 dan 9 berikut.



Gambar 8. Rasio kekuatan batang tarik



Gambar 9. Rasio kekuatan batang tekan

Dari hasil yang ditunjukkan pada tabel 8 dan 9 diatas, rasio kekuatan struktur rangka batang baik struktur *Plane truss* maupun *Space truss*-memiliki kelebihan masing-masing. Hal ini di tunjukkan dengan adanya perbedaan rasio kekuatan pada batang tarik maupun batang tekan pada masing-masing tipe struktur tersebut. Pada batang tarik, struktur *Space truss*-kombinasi merupakan struktur yang memiliki kekuatan yang paling baik dengan rasio kekuatan rata-rata mencapai 0,229. Diikuti dengan *Space truss*-pipa dengan rasio kekuatan rata-rata mencapai 0,234 . Sedangkan untuk batang *Plane truss* hanya memiliki rasio kekuatan rata-rata sebesar 0,274.

Sedangkan untuk rasio kekuatan batang tekan justru batang *Plane truss* merupakan rangka batang dengan rasio kekatann rata-rata yang paling baik yaitu sebesar 0,19 diikuti dengan rasio kekuatan *Space truss*-pipa yaitu sebesar 0,30 dan *Space truss*-kombinasi sebesar 0,302.

Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa untuk batang tarik, *Space truss*-pipa dan kombinasi memiliki efisiensi kekuatan rata-rata 14,270% - 16,50% yang lebih baik dibandingkan *Plane truss*, sedangkan pada batang tekan struktur *Plane truss* secara rata-rata memiliki kekuatan 38,34%-38,50% lebih baik dibandingkan *Space truss*-pipa maupun *Space truss*-kombinasi.

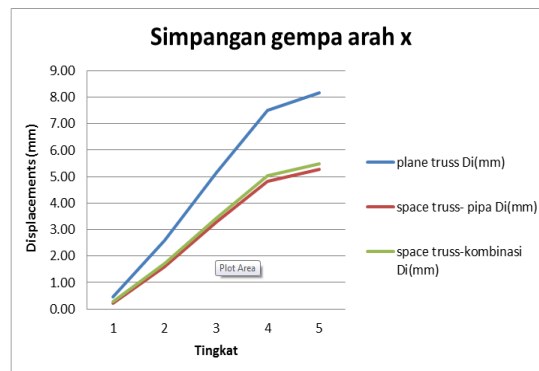
Meskipun terdapat perbedaan nilai kekuatan antara batang tarik dan tekan dari tiap tipe struktur tersebut, hal ini justru membuktikan bahwa meskipun struktur *Space truss*-memiliki profil dan berat struktur yang lebih kecil dan ringan, Struktur *Space truss*-baik pipa maupun kombinasi mampu mengimbangi besar kekuatan rangka batang yang dimiliki oleh struktur *Plane truss* tentunya dengan tetap memenuhi syarat dan ketentuan keamanan yang berlaku dalam perencanaan.

Analisa terhadap pemeriksaan Struktur Segmen 3

Analisa yang dilakukan adalah pemeriksaan nilai kekakuan dan kekuatan struktur rangka atap pada kondisi pemasangan komponen struktur rangka atap hingga segmen 3 dimana beban yang berkeja pada struktur hanya berat sendiri struktur atap, beban gempa dan beban angin.

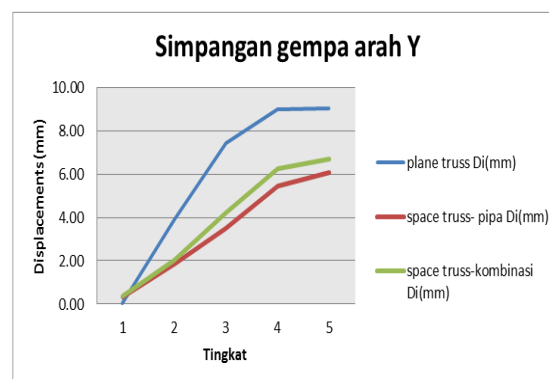
kekakuan sruktur rangka atap stadion utama akibat gempa pada saat pemasangan segmen 3

Nilai kekakuan struktur rangka atap pada saat pemasangan segmen 3 dihitung berdasarkan nilai simpangan/*Displacements* horizontal yang terjadi sebagai akibat pengaruh besar gempa nominal.



Gambar 10. Simpangan horizontal akibat gempa arah x

Berdasarkan gambar 10 nilai simpangan horizontal akibat gempa pada arah x, dapat diketahui dengan jelas bahwa struktur *Plane truss* memiliki nilai simpangan yang paling besar yaitu sebesar 8,18 mm sementara struktur *Space truss*--pipa memiliki nilai simpangan yang paling kecil dengan nilai 5,26 mm diikuti dengan nilai simpangan *Space truss*--kombinasi dengan nilai 5,48 mm, artinya Struktur rangka atap dengan penggunaan sistem *Space truss*--pipa merupakan sistem struktur yang lebih kaku dan dapat mengurangi besarnya nilai simpangan horizontal yang terjadi hingga 35,69 %, sementara *Space truss*--kombinasi 32,92 %.



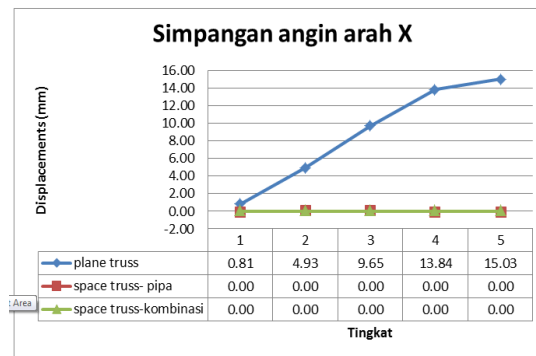
Gambar 11 Simpangan horizontal akibat gempa arah Y

Berdasarkan gambar 11 tentang nilai simpangan horizontal akibat gempa pada arah Y, dapat diketahui dengan jelas bahwa struktur *Plane truss* memiliki nilai simpangan yang paling besar yaitu sebesar 9,03 mm sementara struktur *Space truss*--pipa memiliki nilai simpangan yang paling kecil dengan nilai 6,07 mm diikuti dengan nilai simpangan *Space truss*--kombinasi dengan nilai 6,71 mm, artinya Struktur rangka atap dengan penggunaan sistem *Space truss*--pipa merupakan sistem struktur yang lebih kaku dan dapat mengurangi

besarnya nilai simpangan horizontal yang terjadi hingga 32,86 %, sementara *Space truss--* kombinasi 25,69 %.

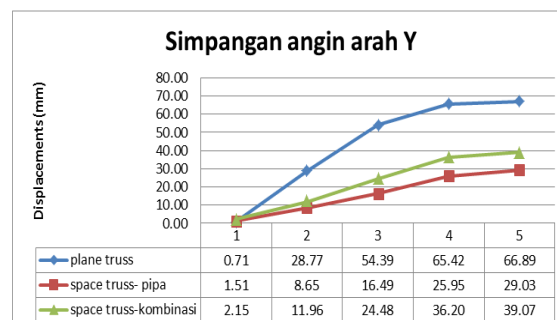
kekakuan sruktur rangka atap stadion utama akibat angin pada saat pemasangan segmen 3

Nilai kekakuan struktur dihitung berdasarkan nilai simpangan/ displacements horizontal yang terjadi akibat pengaruh besar beban angin. Berikut ini ditampilkan hasil rekapitulasi perhitungan nilai simpangan horizontal akibat beban angin arah X dan Y .



Gambar 12 Simpangan horizontal akibat beban angin arah x

Berdasarkan gambar 12 tentang nilai simpangan horizontal akibat angin pada arah X, dapat diketahui dengan jelas bahwa struktur *Plane truss* memiliki nilai simpangan yang paling besar yaitu sebesar 15,03 mm sementara struktur *Space truss--* pipa dan *Space truss--* kombinasi tidak mengalami nilai simpangan horizontal, artinya Struktur rangka atap dengan penggunaan sistem *Space truss*-baik pipa maupun kombinasi merupakan sistem struktur yang lebih kaku dan dapat mengurangi besarnya nilai simpangan horizontal yang terjadi dengan nilai efisiensi mencapai 100% karena pada arah X tidak terjadi simpangan horizontal.



Gambar 13. Simpangan horizontal akibat beban angin arah Y

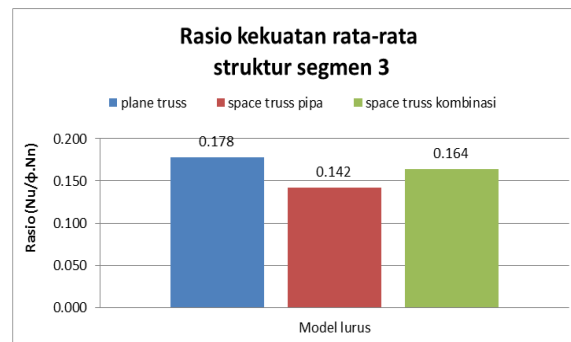
Sementara berdasarkan gambar 13 tentang nilai simpangan horizontal akibat beban angin pada arah Y, dapat diketahui dengan jelas bahwa struktur *Plane truss* memiliki nilai simpangan yang paling besar yaitu sebesar 66,89 mm.

sementara struktur *Space truss--* pipa memiliki nilai simpangan yang paling kecil dengan nilai 29,03 mm diikuti dengan nilai simpangan *Space truss--* kombinasi dengan nilai 39,07 mm, artinya Struktur rangka atap dengan penggunaan sistem *Space truss--* pipa merupakan sistem struktur yang lebih kaku dan dapat mengurangi besarnya nilai simpangan horizontal yang terjadi hingga 56,6 %, sementara *Space truss--* kombinasi 41,6 %.

kekuatan sruktur rangka atap stadion utama pada saat pemasangan segmen 3

Analisis terhadap kekuatan dilakukan berdasarkan tahanan leleh dan tahan ultimit yang dimiliki struktur. Kuat rencana tiap komponen tidak boleh kurang dari beban terfaktor

yang dihitung yang ditunjukkan dalam besaran nilai rasio kekuatan. Berikut ini merupakan hasil rekapitulasi perhitungan rasio kekuatan rencana rangka batang tarik dan tekan struktur gambar 14 berikut ini.



Gambar 14. Rasio kekuatan rata-rata batang

Pemeriksaan kekuatan pada segmen 3 dilakukan pada kondisi struktur saat pemasangan segmen 3. Pada kondisi ini struktur rangka atap diperiksa kekuatannya dengan menahan kombinasi beban angin.

Berdasarkan data yang ditampilkan pada gambar 14 diketahui bahwa secara keseluruhan struktur *Space truss*- pipa memiliki kekuatan rata-rata yang lebih baik dibandingkan *Plane truss* yaitu sebesar 0,142, sedangkan *Space truss*--kombinasi memiliki rasio kekuatan 0,164 dan *Plane truss* memiliki rasio kekuatan rata-rata sebesar 0,178.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada perencanaan struktur rangka atap baja *Plane truss*, *Space truss*--pipa dan *Space truss*-- kombinasi, dapat disimpulkan beberapa hal berikut:

1. Penggunaan sistem struktur rangka atap *Space truss*--pipa dalam perencanaan secara keseluruhan dapat mengurangi nilai simpangan horizontal, hal ini berarti konfigurasi sistem *Space truss*- pipa dalam arah 3 dimensi dapat meningkatkan nilai kekakuan dan stabilitas struktur rangka atap.
2. Penggunaan sistem struktur rangka atap *Space truss*--pipa merupakan struktur yang memiliki total berat struktur paling ringan dengan nilai efisiensi berat hingga 23,19 % dibandingkan dengan *Plane truss*, sementara sistem *Space truss*-- kombinasi memiliki efisiensi berat struktur 19,91% terhadap berat *Plane truss*.
3. Meskipun struktur *Space truss*- direncanakan dengan profil yang lebih kecil, namun dari segi kekuatan struktur *Space truss*- mampu mengimbangi kekuatan *Plane truss*. Untuk batang tarik secara umum struktur *Space truss*- memiliki kekuatan yang lebih besar dari *Plane truss*. Sementara untuk batang tekan, struktur *Plane truss* memiliki kekuatan yang lebih besar dari *Space truss*-.
4. Untuk kekakuan struktur rangka atap pada saat pemasangan segmen 3, struktur *Space truss*- - pipa secara keseluruhan memiliki kekakuan dan stabilitas struktur yang paling baik bila ditinjau akibat pengaruh beban gempa dengan efisiensi sebesar 35,86% pada arah X dan 32,86% pada arah Y terhadap *Plane truss*.
5. Untuk kekakuan struktur rangka atap pada saat pemasangan segmen 3 terhadap pengaruh beban angin, struktur *Space truss*- pipa secara keseluruhan memiliki nilai simpangan yang paling kecil dengan efisiensi sebesar 100% pada arah X dan 56,6% pada arah Y terhadap *Plane truss*, Sementara *Space truss*-kombinasi memiliki efisiensi sebesar 100% pada arah X dan 46,6 % pada arah Y terhadap *Plane truss*.

6. Pada pemasangan segmen 3, secara keseluruhan jika diurutkan berdasarkan nilai kekuatan yang terjadi, struktur *Space truss*-- pipa memiliki kekuatan yang paling besar, lalu yang kedua struktur *Space truss*-- kombinasi, dan yang terakhir struktur *Plane truss* karena memiliki kekuatan yang paling kecil.
7. Penggunaan struktur *Space truss*- merupakan struktur yang lebih ekonomis khususnya *Space truss*-pipa.

Saran

Saran yang dapat diberikan oleh penulis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sistem struktur *Space truss*-dapat dipertimbangkan sebagai struktur rangka atap baja yang memiliki desain yang kuat, kaku dan bernilai ekonomis.
2. Pengembangan penelitian terhadap perbandingan sistem struktur diatas dapat dilanjutkan dengan membandingkan nilai kekuatan struktur dengan cara melakukan pembebanan bertahap hingga kondisi runtuh.

Daftar pustaka

- AISC**, 2005, *Manual of steel constructions-LRFD*, second editions by American Institute Of Steel Construction Inc, Chicago
- Anonim** (1983). *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung*. Yayasan LPBM, Bandung.
- Anonim** . 2002. *SNI 03-1726-2002 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung*. BSN. Bandung.
- Anonim**. 2002. *SNI 03-2729-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung*. Bandung: BSN.
- Anonim**, 2008. *Pakai model struktur truss atau space frame*. Available at: <http://wiryanto.wordpress.com/2008/04/17/pakai-model-struktur-truss-atau-space-frame/> [accessed 3 November 2012]
- Anonim**, 2011, *PP, Waskita, Adhi, WK dan Dispora Harus Bertanggung jawab Runtuhnya Bangunan*, Sinar Indonesia, Pekanbaru
- Ariestadi, Dian**, 2008, *Teknik struktur bangunan*, Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta.
- Cahyono, Agung Ferry**. 2005. *Struktur Bentang Lebar dan Penutup Atap Lengkung Dua Arah*. Universitas Petra, Surabaya.
- Gunawan, Rudy**, 1987, *Tabel Konstruksi baja*, Yayasan Sarana Cipta, Yogyakarta.
- Kuncoro, Wahyu T**, 2010, *Perubahan nilai simpangan horisontal Bangunan bertingkat Setelah pemasangan dinding geser pada tiap sudutnya*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Macdonald, Angus J.** (2002). *Struktur dan Arsitektur*, edisi kedua, Erlangga, Jakarta.
- Mascek, Ahmad Sentosa**. 2009. *Struktur Bentang Lebar II*. [http:// akhmadart.blogspot.com/](http://akhmadart.blogspot.com/)
- Purbosari, Annisa A**, 2010, *Modifikasi Perencanaan Stadion Indoor Surabaya Sport Center (SSC) dengan Menggunakan Sistem Rangka Ruang (Space truss-)*, Institut Teknologi Surabaya, Surabaya.
- Salmon, C.G., dan Johnson, J.E** . 1991. *Struktur Baja: Disain dan Perilaku*. Edisi kedua. Erlangga, Jakarta.
- Sauman, Nurdin**. 2008. *Analisa Struktur Rangka Ruang Atap Velodrome-Tenggarong Kalimantan Timur*. ITB Central Library.
- Schodek, D.L.**, 1999. *Struktur*. Edisi kedua. Erlangga, Jakarta.
- Setiawan, Agus**, 2008, *Perencanaan Struktur baja dengan metode LRFD*, Erlangga, Jakarta.
- Weaver, William, James M G**, 1986, *analisa matriks untuk Struktur Rangka*, Erlangga, Jakarta.