

# 0418097801\_Jurnal\_17.pdf

*by* Yosafat Pranata

---

**Submission date:** 14-Jan-2025 07:08PM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2563968602

**File name:** 0418097801\_Jurnal\_17.pdf (665.26K)

**Word count:** 4411

**Character count:** 26624

## INVESTIGASI DAN MITIGASI STRUKTUR BANGUNAN SEKOLAH AKIBAT GEMPA BUMI CIANJUR

Anang Kristianto\*, Daud R Wiyono, Deni Setiawan, Andrias Suhendra, Yosafat Aji  
Pranata

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha, Bandung  
\*anang.kristianto@gmail.com

### Abstrak

Gempa bumi merupakan bencana alam yang tidak terduga dan dapat menyebabkan kerusakan parah pada bangunan, terutama yang tidak memenuhi standar. Pembangunan gedung sarana pendidikan, dalam hal ini gedung sekolah, di wilayah Indonesia yang terletak di daerah rawan gempa perlu mendapat perhatian khusus. Gempa Cianjur yang terjadi pada tahun 2022 mengakibatkan kerusakan pada beberapa gedung sekolah di wilayah terdampak. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menginvestigasi 9 gedung SMP dan 5 gedung SD di wilayah Kabupaten Cianjur yang mengalami kerusakan ringan hingga berat sehingga harus segera diperbaiki atau diperkuat. Kegiatan ini bekerja sama dengan instansi pendidikan dan personel sekolah Pemerintah Daerah Cianjur yang terkena dampak gempa. Hasil pemeriksaan visual terhadap gedung sekolah tersebut menunjukkan kerusakan dengan tingkat sedang hingga parah dan memerlukan tindakan segera, mengingat Cianjur memiliki risiko gempa yang tinggi. Perbaikan dan penguatan dapat dilakukan sesuai tingkat kerusakannya, mulai dari penambahan kolom baru untuk balok yang mengalami defleksi berlebihan akibat dimensi yang tidak memenuhi syarat atau penambahan tulangan dengan menggunakan FRP (Fiber Reinforced Polymer). Sedangkan pada kolom yang dimensinya tidak memenuhi persyaratan dapat dilakukan penambahan dimensi (pelapis beton) meskipun tidak terjadi kerusakan berarti secara visual selama penyelidikan.

**Kata kunci:** gempa bumi, investigasi, mitigasi, perbaikan, penguatan

### Abstract

Earthquakes are unexpected natural disasters that can cause severe damage to buildings, especially those not compliant with standards. The construction building of educational facilities, in this case, school buildings in Indonesian territory located in earthquake-prone areas, needs special attention. The Cianjur earthquake that occurred in 2022 resulted in damage to several school buildings in the affected area. The Community Service activities in this article investigate 9 junior high school buildings and 5 elementary school buildings in the Cianjur Regency area that experienced minor to severe damage that must be immediately repaired or strengthened. Community service in cooperation with the Cianjur regional government's educational institutions and school personnel that were impacted by the earthquake. The results of the visual investigation of the school building show damage from moderate to severe levels and require immediate action, considering that Cianjur has a high earthquake risk. Repairs and strengthening can be carried out according to the damage level, starting from adding new columns for beams that experience excessive deflection due to dimensions that do not meet the requirements or adding reinforcement using FRP (Fiber Reinforced Polymer). For columns with dimensions that do not meet the requirements, dimensions can be added (concrete jacketing) even if there is no significant damage visually during the investigation.

**Keywords:** earthquake, investigation, mitigation, repairing, strengthening.

## Pendahuluan

Gempa bumi merupakan bencana alam tak terduga mampu menyebabkan kerusakan serius pada bangunan, terutama pada gedung-gedung yang tidak dibangun mengikuti ketentuan standar. Pembangunan sarana pendidikan, dalam hal ini gedung sekolah, di wilayah Indonesia yang terletak di daerah rawan gempa bumi perlu mendapat perhatian secara khusus karena keamanan dan kesejahteraan siswa dan staf sekolah harus menjadi prioritas utama dalam merencanakan dan membangun infrastruktur pendidikan. Banyaknya kerusakan yang terjadi terutama pada gedung-gedung sekolah dari kejadian gempa bumi Cianjur pada 21 November 2022 perlu menjadikan pelajaran berharga agar ketika terjadi gempa pada masa yang akan datang bangunan-bangunan sekolah tidak mengalami kerusakan yang sama. Dinas Pendidikan Kabupaten Cianjur yang membawahi seluruh sekolah dasar dan sekolah menengah pertama memiliki tanggung jawab agar layanan pendidikan dapat berfungsi dengan baik pascabencana gempa. Dalam rangka memastikan kondisi gedung sekolah, Dinas Pendidikan memerlukan pendampingan dari akademisi atau praktisi yang memiliki kompetensi untuk melakukan investigasi dan mitigasi. Adapun tujuan dari pendampingan ini untuk memberikan rekomendasi teknis berdasarkan investigasi dan mitigasi dari beberapa gedung sekolah yang terdampak bencana. Dokumen rekomendasi teknis ini berisi hasil investigasi dan mitigasi bangunan terdampak yang diperlukan mitra untuk tindak lanjut pascabencana. Berdasarkan hasil investigasi diberikan rekomendasi apakah bangunan dapat difungsikan kembali atau tidak. Rekomendasi mitigasi berupa usulan perbaikan non-struktural atau struktural sehingga bangunan dapat berfungsi dengan baik sekaligus mampu menghadapi kemungkinan terjadinya gempa bumi berikutnya.

Investigasi dan mitigasi dari gedung-gedung sekolah yang mengalami kerusakan akibat gempa perlu dilakukan karena beberapa hal berikut: (1) Melindungi nyawa dan keselamatan: Sekolah adalah tempat dengan banyak anak dan tenaga pendidik berkumpul setiap hari. Pengetahuan tentang bagaimana gempa bumi dapat mempengaruhi gedung sekolah akan membantu mengidentifikasi risiko potensial dan mengambil langkah-langkah mitigasi untuk melindungi nyawa dan keselamatan mereka; (2) Mencegah kerugian ekonomi: Kerusakan akibat gempa bumi pada gedung sekolah dapat menyebabkan kerugian finansial yang besar. Investigasi ini dapat membantu mengidentifikasi metode perbaikan atau penguatan struktur yang efektif, sehingga mengurangi biaya perbaikan akibat kerusakan gempa; (3) Menyempurnakan peraturan dan standar: Investigasi tentang dampak gempa bumi pada gedung sekolah akan memberikan data penting bagi pemerintah dan badan pengatur untuk memperbarui atau menyempurnakan peraturan dan standar bangunan yang lebih ketat. Hal ini dapat meningkatkan resiliensi bangunan dan meminimalkan risiko kerusakan akibat gempa di masa depan; (4) Meningkatkan kesadaran masyarakat: Investigasi ini juga akan meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya memperhatikan ketahanan bangunan terhadap gempa bumi. Dengan pengetahuan yang lebih baik, masyarakat dapat mendukung upaya-upaya untuk membangun gedung sekolah yang lebih aman dan tahan gempa. Pemahaman mitigasi bencana gempa bumi memberikan wawasan bagi seluruh murid, pendidik dan pimpinan sekolah mengenai risiko yang dihadapi akibat bencana gempa. Pemahaman terkait risiko ini diharapkan menyadarkan semua pihak agar dapat mengambil langkah proaktif untuk meningkatkan ketahanan bangunan, melindungi nyawa, dan menciptakan lingkungan belajar yang aman.

Ruang lingkup kegiatan pengabdian kepada masyarakat sebagai berikut: Gedung sekolah yang menjadi tugas kegiatan investigasi adalah 9 (sembilan) gedung sekolah menengah pertama dan 5 (lima) gedung sekolah dasar di wilayah Kabupaten Cianjur. Kurun waktu kegiatan yaitu dimulai pada tanggal 1 Desember 2022 sampai dengan 20 Juni 2023 atau 6 (enam) bulan. Kegiatan mitigasi bencana meliputi pengamatan visual kerusakan pada komponen struktur balok, komponen struktur kolom, struktur atap,

lantai bangunan (untuk gedung bertingkat), dan komponen non-struktural lainnya seperti dinding dan lainnya. Gedung sekolah menengah pertama yang diinvestigasi adalah: SMP Plus Assyuthiyah, SMP An Nur Hadist, SMP Pasundan 2 Cianjur, SMP Budi Luhur Cugenang, SMPN 2 Cipanas Kab. Cianjur, SMP Ganesia, SMP<sup>13</sup> Cianjur, SMP 2 Mande, dan SMPN 1 Ciranjang. Gedung sekolah dasar yang diinvestigasi adalah: SD Negeri Ibu Dewi 1, SD Negeri Ibu Dewi 4, Gedung SD Negeri Ibu Jenab, SD Negeri Pasar Suuk, dan SD BPK Penabur. Tujuan utama pengabdian kepada masyarakat ini adalah untuk menginvestigasi kerusakan struktur yang terjadi pada gedung sekolah. Tujuan kedua berdasarkan hasil investigasi dibuat rencana mitigasi bencana gempa bumi untuk keselamatan murid dan pendidik pada masa depan.

## Metode

9  
Metode investigasi dan mitigasi yang dilakukan adalah sebagai berikut: Pengumpulan data primer dalam bentuk hasil investigasi secara visual terhadap elemen-elemen struktural yaitu balok, kolom, lantai, rangka atap dan elemen non-struktural dari gedung sekolah yaitu dinding dan plafon. Investigasi juga dilakukan dalam bentuk wawancara terhadap pihak sekolah untuk mendapatkan informasi terkait data lain yang diperlukan seperti fungsi ruangan umum bangunan, kondisi sebelum gempa dan kerusakan pascagempa bumi. Sedangkan data sekunder diperoleh dari Dinas Pendidikan Kabupaten Cianjur berupa daftar sekolah yang terdampak bencana gempa dan diusulkan untuk dilakukan investigasi. Data sekunder lain adalah data dari BMKG terkait percepatan gempa yang terjadi serta respons spektra berdasarkan stasiun seismograf terdekat dengan lokasi episenter.

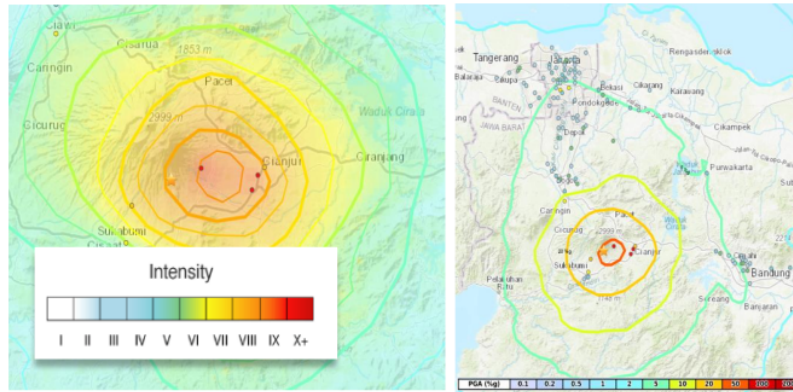
Data yang diperoleh dari hasil investigasi secara visual dianalisis untuk mengetahui tipe kerusakan struktural maupun non-struktural yang terjadi sehingga dapat diperoleh solusi perbaikan dengan tepat sesuai dengan tipe kerusakan yang terjadi. Investigasi dilakukan dengan menggunakan metoda *rapid visual screening*, berdasarkan standar FEMA P-154 yang saat ini belum ada aturan baku dari SNI untuk investigasi secara visual. *Rapid Visual Screening (RVS)* merupakan metode monitoring secara cepat yang dipelopori oleh Federal Emergency Management Agency (FEMA) untuk mendata dan menganalisis kondisi suatu bangunan secara visual yang berpeluang terhadap bahaya gempa bumi (FEMAP-154, 2015). The Federal Emergency Management Agency (FEMA) merupakan lembaga pada Departemen Keamanan Dalam Negeri Amerika Serikat. Lembaga ini bertujuan untuk menanggapi dan bertindak secara cepat terhadap penanggulangan bencana yang terjadi di Amerika Serikat termasuk negara bagiannya. Selain investigasi juga dilakukan mitigasi bencana dalam bentuk teknik perbaikan dan perkuatan dapat dilakukan sesuai dengan tingkat kerusakan yang dialami oleh bangunan. Tindak lanjut hasil investigasi adalah sosialisasi kepada pihak sekolah mengenai berbagai kerusakan yang terjadi pada gedung sekolah. Proses sosialisasi berupa penjelasan sebab dan akibat kerusakan tersebut serta kemungkinan kegagalan dan keruntuhan yang akan terjadi. Selain itu dijelaskan proses mitigasi berupa cara perbaikan kerusakan sehingga bangunan gedung sekolah memiliki kekuatan dan kemampuan layan.

## Hasil dan Pembahasan

11  
16  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100  
101  
102  
103  
104  
105  
106  
107  
108  
109  
110  
111  
112  
113  
114  
115  
116  
117  
118  
119  
120  
121  
122  
123  
124  
125  
126  
127  
128  
129  
130  
131  
132  
133  
134  
135  
136  
137  
138  
139  
140  
141  
142  
143  
144  
145  
146  
147  
148  
149  
150  
151  
152  
153  
154  
155  
156  
157  
158  
159  
160  
161  
162  
163  
164  
165  
166  
167  
168  
169  
170  
171  
172  
173  
174  
175  
176  
177  
178  
179  
180  
181  
182  
183  
184  
185  
186  
187  
188  
189  
190  
191  
192  
193  
194  
195  
196  
197  
198  
199  
200  
201  
202  
203  
204  
205  
206  
207  
208  
209  
210  
211  
212  
213  
214  
215  
216  
217  
218  
219  
220  
221  
222  
223  
224  
225  
226  
227  
228  
229  
230  
231  
232  
233  
234  
235  
236  
237  
238  
239  
240  
241  
242  
243  
244  
245  
246  
247  
248  
249  
250  
251  
252  
253  
254  
255  
256  
257  
258  
259  
260  
261  
262  
263  
264  
265  
266  
267  
268  
269  
270  
271  
272  
273  
274  
275  
276  
277  
278  
279  
280  
281  
282  
283  
284  
285  
286  
287  
288  
289  
290  
291  
292  
293  
294  
295  
296  
297  
298  
299  
300  
301  
302  
303  
304  
305  
306  
307  
308  
309  
310  
311  
312  
313  
314  
315  
316  
317  
318  
319  
320  
321  
322  
323  
324  
325  
326  
327  
328  
329  
330  
331  
332  
333  
334  
335  
336  
337  
338  
339  
340  
341  
342  
343  
344  
345  
346  
347  
348  
349  
350  
351  
352  
353  
354  
355  
356  
357  
358  
359  
360  
361  
362  
363  
364  
365  
366  
367  
368  
369  
370  
371  
372  
373  
374  
375  
376  
377  
378  
379  
380  
381  
382  
383  
384  
385  
386  
387  
388  
389  
390  
391  
392  
393  
394  
395  
396  
397  
398  
399  
400  
401  
402  
403  
404  
405  
406  
407  
408  
409  
410  
411  
412  
413  
414  
415  
416  
417  
418  
419  
420  
421  
422  
423  
424  
425  
426  
427  
428  
429  
430  
431  
432  
433  
434  
435  
436  
437  
438  
439  
440  
441  
442  
443  
444  
445  
446  
447  
448  
449  
450  
451  
452  
453  
454  
455  
456  
457  
458  
459  
460  
461  
462  
463  
464  
465  
466  
467  
468  
469  
470  
471  
472  
473  
474  
475  
476  
477  
478  
479  
480  
481  
482  
483  
484  
485  
486  
487  
488  
489  
490  
491  
492  
493  
494  
495  
496  
497  
498  
499  
500  
501  
502  
503  
504  
505  
506  
507  
508  
509  
510  
511  
512  
513  
514  
515  
516  
517  
518  
519  
520  
521  
522  
523  
524  
525  
526  
527  
528  
529  
530  
531  
532  
533  
534  
535  
536  
537  
538  
539  
540  
541  
542  
543  
544  
545  
546  
547  
548  
549  
550  
551  
552  
553  
554  
555  
556  
557  
558  
559  
560  
561  
562  
563  
564  
565  
566  
567  
568  
569  
570  
571  
572  
573  
574  
575  
576  
577  
578  
579  
580  
581  
582  
583  
584  
585  
586  
587  
588  
589  
590  
591  
592  
593  
594  
595  
596  
597  
598  
599  
600  
601  
602  
603  
604  
605  
606  
607  
608  
609  
610  
611  
612  
613  
614  
615  
616  
617  
618  
619  
620  
621  
622  
623  
624  
625  
626  
627  
628  
629  
630  
631  
632  
633  
634  
635  
636  
637  
638  
639  
640  
641  
642  
643  
644  
645  
646  
647  
648  
649  
650  
651  
652  
653  
654  
655  
656  
657  
658  
659  
660  
661  
662  
663  
664  
665  
666  
667  
668  
669  
670  
671  
672  
673  
674  
675  
676  
677  
678  
679  
680  
681  
682  
683  
684  
685  
686  
687  
688  
689  
690  
691  
692  
693  
694  
695  
696  
697  
698  
699  
700  
701  
702  
703  
704  
705  
706  
707  
708  
709  
710  
711  
712  
713  
714  
715  
716  
717  
718  
719  
720  
721  
722  
723  
724  
725  
726  
727  
728  
729  
730  
731  
732  
733  
734  
735  
736  
737  
738  
739  
740  
741  
742  
743  
744  
745  
746  
747  
748  
749  
750  
751  
752  
753  
754  
755  
756  
757  
758  
759  
760  
761  
762  
763  
764  
765  
766  
767  
768  
769  
770  
771  
772  
773  
774  
775  
776  
777  
778  
779  
780  
781  
782  
783  
784  
785  
786  
787  
788  
789  
790  
791  
792  
793  
794  
795  
796  
797  
798  
799  
800  
801  
802  
803  
804  
805  
806  
807  
808  
809  
810  
811  
812  
813  
814  
815  
816  
817  
818  
819  
820  
821  
822  
823  
824  
825  
826  
827  
828  
829  
830  
831  
832  
833  
834  
835  
836  
837  
838  
839  
840  
841  
842  
843  
844  
845  
846  
847  
848  
849  
850  
851  
852  
853  
854  
855  
856  
857  
858  
859  
860  
861  
862  
863  
864  
865  
866  
867  
868  
869  
870  
871  
872  
873  
874  
875  
876  
877  
878  
879  
880  
881  
882  
883  
884  
885  
886  
887  
888  
889  
890  
891  
892  
893  
894  
895  
896  
897  
898  
899  
900  
901  
902  
903  
904  
905  
906  
907  
908  
909  
910  
911  
912  
913  
914  
915  
916  
917  
918  
919  
920  
921  
922  
923  
924  
925  
926  
927  
928  
929  
930  
931  
932  
933  
934  
935  
936  
937  
938  
939  
940  
941  
942  
943  
944  
945  
946  
947  
948  
949  
950  
951  
952  
953  
954  
955  
956  
957  
958  
959  
960  
961  
962  
963  
964  
965  
966  
967  
968  
969  
970  
971  
972  
973  
974  
975  
976  
977  
978  
979  
980  
981  
982  
983  
984  
985  
986  
987  
988  
989  
990  
991  
992  
993  
994  
995  
996  
997  
998  
999  
1000

Sesuai informasi dari BMKG, gempa bumi Cianjur terjadi pada hari Senin, 21 November 2022, pukul 13:21:10 WIB dengan magnitudo M 5,6 pada kedalaman 10 km. Lokasi pusat gempa pada koordinat 107,05 BT dan 6,84 LS, berjarak sekitar 9,65 km barat daya Kota Cianjur atau 16,8 km timur laut Kota Sukabumi. Sumber gempa diperkirakan berasal dari sesar Cimandiri, meskipun begitu pusat gempa terletak cukup jauh dari jalur patahan Cimandiri tersebut. Lokasi kerusakan berpusat di sekitar

area dekat episenter, sumber gempa cukup dangkal dan berada dangkat sehingga kerusakan yang terjadi cukup besar. Gambar 1 memperlihatkan intensitas gempa dan percepatan puncak batuan dasar (*Peak Ground Acceleration, PGA*) pada daerah sekitar episenter.



Gambar 1. Peta Intensitas dan PGA gempa bumi Cianjur (Sumber: USGS)

#### A. Analisis Dampak Gempa

Analisis beban gempa didapatkan dari dua sumber yaitu BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika) serta dari USGS (United State Geological Survey). Peta intensitas gempa berdasarkan *Modified Mercalli Intensity* (MMI) serta data percepatan tanah pada batuan dasar (PGA) didapatkan dari USGS berdasarkan intensitas dan PGA pada Gambar 1 kemudian dirangkum sesuai lokasi sekolah seperti pada Tabel 1. MMI digunakan untuk mengukur seberapa besar kerusakan yang ditimbulkan oleh gempa. Ukuran ini ditentukan berdasarkan hasil pengamatan dari orang yang mengalami atau melihat gempa. Skala MMI ini tidak sama di setiap tempat karena dihitung berdasarkan pengamatan. Lokasi yang dekat dengan episentrum (pusat gempa) memiliki skala MMI yang besar. PGA merupakan nilai percepatan maksimum yang terjadi pada batuan dasar akibat gaya gempa, nilai ini digunakan untuk menentukan besar gaya gempa yang masuk ke dalam bangunan sesuai berat bangunan.

Tabel 1. Nilai MMI dan PGA dari lokasi yang ditinjau berdasarkan data USGS

| Sekolah                     | MMI | PGA (g) |
|-----------------------------|-----|---------|
| SMP Plus Assyuthiyah        | 7.5 | 0.4     |
| SMP An Nur Hadist           | 7.5 | 0.35    |
| SMP Pasundan Cianjur        | 7.5 | 0.35    |
| SMP Budi Luhur Cugenang     | 8   | 0.45    |
| SMPN 2 Cipanas Kab. Cianjur | 7.5 | 0.4     |

|                                    |     |      |
|------------------------------------|-----|------|
| SMP Garnesia                       | 7.5 | 0.4  |
| SMPN 1 Cianjur                     | 7.5 | 0.35 |
| SMP 2 Mande                        | 7   | 0.2  |
| SMPN 1 Ciranjang                   | 6.5 | 0.18 |
| 18<br>SD Negeri Ibu Dewi 1 Cianjur | 7.5 | 0.35 |
| SD Negeri Ibu Dewi 4 Cianjur       | 7.5 | 0.35 |
| SD Negeri Ibu Jenab Cianjur        | 7.5 | 0.35 |
| SD Negeri Pasar Suuk               | 7   | 0.3  |
| SD BPK Penabur Cianjur             | 7   | 0.3  |

Investigasi terhadap beberapa sekolah dasar dan SMP dilakukan untuk memberikan gambaran kerusakan elemen struktural secara umum. Gambar 2 memberikan gambaran kerusakan elemen balok yang terjadi pada salah satu bagian pada bangunan sekolah:



Gambar 2. Kegagalan geser pada elemen balok pada gedung SMP Garnesia dan SMP Plus Assyuthiyah

Selain kegagalan pada elemen balok yang diperlihatkan Gambar 2, juga terdapat beberapa kegagalan pada elemen kolom seperti yang terlihat pada Gambar 3:



Gambar 3. Kegagalan retak elemen kolom pada gedung SMPN 1 Cianjur

Hasil investigasi yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3 tersebut kemudian diringkas sesuai pengamatan secara visual untuk sekolah yang ditinjau ke dalam Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Identifikasi dan klasifikasi kerusakan

| Sekolah              | Kondisi secara visual                       |  |                                     |                                       |                  |
|----------------------|---|--|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------|
|                      | Kolom                                       | Balok  | Rangka Atap                         | Dinding                               | Plafon           |
| SMP Plus Assyuthiyah | Tidak ada masalah                           | Retak geser, retak lentur di tengah bentang, potensi terjadi lendutan berlebih | Tidak ada masalah                   | Retak, plesteran dan acian terkelupas | Perlu perbaikan  |
| SMP An Nur Hadist    | Tidak ada masalah                           | Tidak ada masalah  | Tidak ada masalah                   | Retak                                 | Perlu perbaikan  |
| SMP Pasundan Cianjur | Tidak ada masalah                           | Retak lentur kecil (kurangnya tulangan longitudinal)                           | Tidak ada masalah                   | Retak, terkelupas                     | Perlu perbaikan  |
| SMP Budi Luhur       | Gedung sementara tidak dapat digunakan, ada | Gedung sementara tidak dapat digunakan, ada                                    | Ampig miring 20 cm ke depan, rangka | Retak pada opening jendela,           | Perlu diperbaiki |

| Sekolah                      | Kondisi secara visual      |  |   |   |  |
|------------------------------|----------------------------|--|---|---|--|
|                              | Kolom                      | Balok  | Rangka Atap   | Dinding   | Plafon   |
|                              | bagian lain yang roboh     | bagian lain yang roboh   | kuda-kuda patah   |   |  |
| SMPN 2 Cipanas Kab. Cianjur  | Tidak ada masalah          | Tidak ada masalah  | Sudah lapuk, mengalami kerusakan  | Kondisi plesteran dan acian kurang bagus  |  |
| SMP Garnesia                 | Tidak ada masalah          | Retak pada daerah tumpuan dan lapangan, penurunan pada pelat lantai dasar        |   | Dinding bata mengalami keretakan  |  |
| SMPN 1 Cianjur               | Tidak ada masalah          | Tidak ada masalah  |   | Retak berat dan ringan, plesteran tidak bagus, mengelupas                             |  |
| SMP 2 Mande                  | Tidak ada masalah          | Tidak ada masalah  | Kerusakan pada struktur rangka atap kayu yaitu reng, kaso, gording, dan kemungkinan juga kuda2 kayunya akibat dimakan rayap tanah |   | Plafon melendut  |
| SMPN 1 Ciranjang             | Kolom 20/25 termasuk kecil | Balok lebih kecil dari persyaratan untuk bentang 7 meter                         | 7<br>Tidak ada masalah  | Tidak ada masalah   | Tidak ada masalah  |
| SD Negeri Ibu Dewi 1 Cianjur | Kolom kekecilan            | Balok kekecilan, lendutan pada pelat lantai atas (4 cm), blok ring atap melendut | Rangka atap baja ringannya ada lendutan   | Dinding ampig miring keluar. Dinding bata mengalami keretakan, kolom praktis dan ring | Rangka plafon melendut, lis plafon lantai atas ada celah 5 cm terhadap dindingnya menandakan |



| Sekolah                      | Kondisi secara visual |   |  |  |   |
|------------------------------|-----------------------|---|--|--|---|
|                              | Kolom                 | Balok   | Rangka Atap  | Dinding  | Plafon  |
|                              |                       |   |  | baloknya kurang untuk menahan gempa  | dindingnya miring keluar                      |
| SD Negeri Ibu Dewi 4 Cianjur | Tidak ada masalah     | Tidak ada masalah.<br>Untuk Lantai dasar bergelombang naik ke atas  | Rangka atap dan rangka plafon di lantai 2 memakai material kayu. Rangka atap terlihat masih bagus.   | Dinding bata mengalami keretakan, mutu plesteran tidak bagus adukannya terlihat kurang semen sehingga gampang lepas  | Rangka plafon di lantai 2 patah perlu diganti |
| SD Negeri Ibu Jenab Cianjur  | Tidak ada masalah     | Tidak ada masalah   | Rangka atap baja monobeam bentang 13 m terlihat WF 200X100, struktur atap tidak ada kerusakan  | Dinding bata tidak ada keretakan yang besar  |   |
| SD Negeri Pasar Suuk         | Dimensi kurang besar  | Dimensi kurang besar, retakan sudah terjadi sebelum gempa, dan semakin besar lendutannya setelah gempa.<br><br>Lantai dasar bergelombang karena tidak adanya pemadatan tanah yang cukup | Rangka atap bagian kuda-kudanya masih bagus dan bersih.<br><br>Atap ada yg bergelombang ada yang melesak ke dalam akibat gording, kaso dan reng yang rusak.<br><br>Ampig jatuh karena hanya ada ikatan berupa gording kayu rangka atap dan tidak ada kolom praktis dan | Dinding bata mengalami keretakan, dan ada bagian dinding bata yang di keempat sisinya sudah ada retakan sehingga tidak ada kekuatan. Hal ini mengakibatkan jika ada guncangan tidak besar maka dinding akan jatuh. Ada retakan yang membuat celah antara kolom dengan dinding di area tangga | Sebagian plafon jatuh dari rangkanya          |

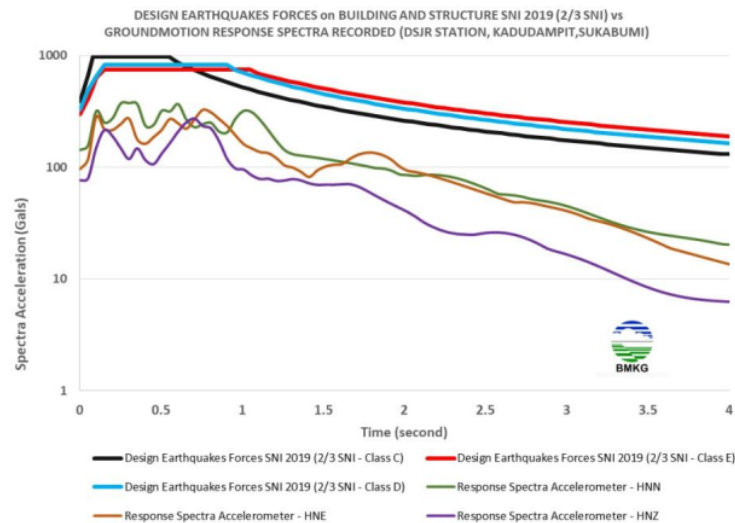
| Sekolah                | Kondisi secara visual |                   |                     |                               |   |
|------------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|---|
|                        | Kolom                 | Balok             | Rangka Atap         | Dinding                       | Plafon  |
|                        |                       |                   | ringbalk pada ampig |                               |   |
| SD BPK Penabur Cianjur | Tidak ada masalah     | Tidak ada masalah | Tidak ada masalah   | Ada retakan pada dinding bata | Plafon akustik jatuh karena sistem jenis ini hanya menumpang pada rangka plafon berbentuk T |

Tabel 2 menunjukkan data secara umum sekolah berada pada daerah intensitas antara 6,5-8 dengan skala MMI. Berdasarkan intensitas skala 6-12 ketika terjadi gempa orang kesulitan untuk berdiri, benda-benda yang tidak diikat akan berjatuh, gedung yang dibangun dengan baik akan mengalami kerusakan kecil, sementara gedung yang tidak dibangun dengan benar mengalami kerusakan sangat terlihat di skala sedang hingga parah. Data stasiun pencatatan gempa dari BMKG diperlihatkan pada Tabel 3. Nilai PGA maksimum ada pada lokasi stasiun KCJR - Pasir Kalapa Cianjur yaitu berkisar 0,51g pada komponen HNE (komponen arah gempa *Horizontal East-West*), KCJR merupakan lokasi terdekat dari pusat gempa dengan jarak 10.14 km. DSJR yang berlokasi di Kadudampit, Sukabumi, 15,32 km dari pusat gempa memiliki nilai PGA maksimum 0,15g di komponen HNN (komponen arah gempa *Horizontal North-South*). CCJM yang berlokasi di Campaka, Cianjur dengan jarak 23,9 dari pusat gempa memiliki nilai PGA maksimum 0,1g pada komponen HNE. Nilai HNZ (Komponen gempa arah vertikal Z) maksimum dicatat pada stasiun Pasir Kalapa (KCJR)

Tabel 3. Nilai akselerograf dari 3 stasiun terdekat dari pusat gempa berdasarkan data BMKG

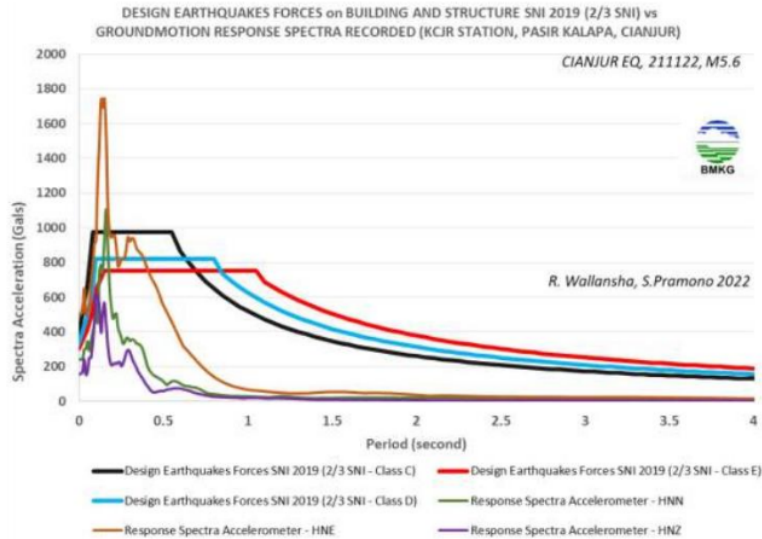
| Kode | Lokasi                | Jarak (km) | Nilai PGA ( g) |      |      |
|------|-----------------------|------------|----------------|------|------|
|      |                       |            | HNE            | HNN  | HNZ  |
| KCJR | Pasir Kalapa, Cianjur | 10.14      | 0.51           | 0.25 | 0.16 |
| DSJR | Kadudampit, Sukabumi  | 15.32      | 0.1            | 0.15 | 0.08 |
| CCJM | Campaka, Cianjur      | 23.90      | 0.1            | 0.07 | 0.04 |

Berdasarkan hasil analisis respon spektrum dapat dilihat bahwa nilai spektra maksimum percepatan terletak pada periode tertentu. Berikut hasil analisis spektra akselerasi stasiun CBJR, DSJR dan CWJM (kode stasiun yang diberikan oleh BMKG sesuai nama lokasi seismograf) merupakan stasiun dengan nilai spektra terbesar yang dirasakan akibat gempa bumi. Respon spektra stasiun akselerograf KCJR sudah melebihi respon spektrum desain dari RSA (Respon Spektrum Analisis) Kementerian PUPR untuk masing-masing klasifikasi jenis tanah. Warna merah menunjukkan desain untuk kelas SE (tanah lunak), warna biru menunjukkan untuk jenis kelas SD (tanah sedang), dan warna hitam menunjukkan untuk kelas SC (tanah keras). Ini menandakan terjadi kerusakan yang cukup parah pada bangunan di lokasi sekitar KCJR.



Gambar 4. Respon spektra stasiun KCJR dan respon spektra desain pada lokasi di Cianjur  
(Sumber: BMKG)

Pada rekaman akselerograf di stasiun DSJR terlihat nilai PGA maksimum berkisar 0,1g pada komponen HNE, sedangkan pada komponen HNN nilainya 0,15g dan terendah pada komponen Z yaitu 0,08g. Respon spektra stasiun akselerograf DSJR berada di bawah desain gaya gempa yang dikeluarkan oleh Kementerian PUPR untuk masing-masing klasifikasi jenis tanah. Warna merah menunjukkan desain untuk kelas SE (tanah lunak), warna biru menunjukkan untuk jenis kelas SD (tanah sedang), dan warna hitam menunjukkan untuk kelas SC (tanah keras).



Gambar 5. Respon spektra stasiun DSJR dan respon spektra desain pada lokasi di Cianjur  
(Sumber: BMKG)

### B. Investigasi Struktur Bangunan

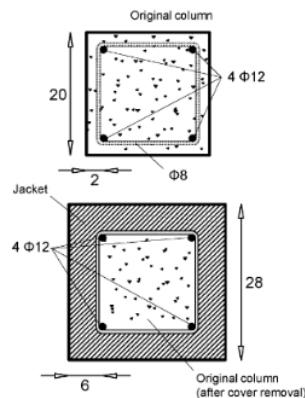
Pada umumnya berdasarkan pengamatan seluruh bangunan SD dan SMP yang telah ditinjau tidak terjadi kerusakan pada kolom, kecuali pada SMP Budi Luhur yang pada lokasinya terdapat salah satu bangunan roboh. Hal yang perlu diperhatikan pada elemen struktur kolom adalah dimensi yang tidak memenuhi standar SNI pada SDN Pasar Suuk, SMPN 1 Ciranjang, SMP Ibu Dewi 1, meskipun tidak memenuhi syarat kondisi kolom pascabencana secara visual masih dalam keadaan baik. Sedangkan komponen balok kerusakan terparah adalah timbulnya retak geser yang sangat berbahaya pada salah satu gedung di SMP Plus Assyuthiyah. Retak geser ini berpotensi menimbulkan terjadinya kegagalan yang bersifat getas dan keruntuhan dapat terjadi secara tiba-tiba. Faktor penyebab kegagalan geser adalah kurangnya tulangan geser pada daerah tumpuan atau kemungkinan lain adalah penggunaan mutu beton yang sangat rendah (di bawah 17 Mpa) pada balok tersebut. Kerusakan lainnya adalah timbulnya retak lentur pada balok akibat kurangnya kapasitas balok dalam menahan beban lentur. Kondisi ini terjadi akibat kurangnya tulangan longitudinal pada daerah lapangan. Retak lentur memberikan kegagalan yang relatif lebih aman daripada kegagalan karena geser. Retak lentur perlu diteliti lebih lanjut untuk mendapatkan gambaran dalam mitigasi bencana gempa pada masa yang akan datang.

Pada struktur rangka atap kerusakan yang dilaporkan adalah terjadinya kerusakan sebelum gempa karena lapuk atau dimakan rayap. Kerusakan pada rangka atap akan menimbulkan kerusakan pada plafon sebagai penutup atap di ruang kelas. Kondisi ini menimbulkan ketidaknyamanan pada saat proses belajar mengajar dilaksanakan. Kerusakan lain yang teridentifikasi adalah miring dan jatuhnya sebagian ampig karena tidak terikat menjadi satu kesatuan dengan kolom utama atau kolom praktis pada dinding. Jatuhnya ampig ini membahayakan peserta didik karena sifatnya tiba-tiba dan dari atas sehingga membahayakan kepala pada saat evakuasi terjadi.

Kerusakan elemen non struktural pada umumnya terjadi retak atau terkelupasnya plesteran dinding pascabencana gempa bumi. Keretakan dinding umumnya terjadi pada daerah sambungan dengan kolom, sambungan dengan dinding baru yang dibangun, sambungan dengan kusen pintu atau jendela. Keretakan yang terjadi karena tidak ada atau kurangnya angkur yang dipasang antara kusen dengan dinding atau teknik penambahan dinding baru yang tidak tepat sehingga pada saat terjadi guncangan menimbulkan retak. Kondisi ini sangat berbahaya karena memicu runtuhnya dinding yang dapat menimpa peserta didik dan guru di dalam kelas.

### C. Mitigasi Bencana

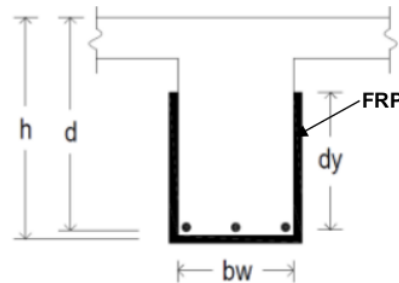
Mitigasi bencana gempa bumi dalam bidang struktur bangunan dapat dilaksanakan dalam bentuk perbaikan ataupun perkuatan pada elemen struktur atau non-struktural. Elemen struktural meliputi kolom, balok dan struktur rangka kuda-kuda atap, elemen non-struktural berupa dinding dan plafon. Pada elemen kolom perbaikan dapat dilakukan dengan memperbesar dimensi kolom (*jacketing*) atau memperkuat dengan menggunakan profil baja. Pada kasus ini tidak terdapat kerusakan pada kolom akibat gempa bumi, hanya pada beberapa gedung dimensi kolom tidak memenuhi persyaratan minimum sebagai kolom yang dibangun di daerah rawan gempa. Kondisi kolom dengan dimensi yang kecil dapat diperbesar dengan menambah dimensi kolom dan memberikan tulangan longitudinal dan transversal tambahan, seperti yang diperlihatkan Gambar 6.



Gambar 6. Penambahan dimensi kolom

Untuk elemen balok, perbaikan dapat dilakukan sesuai dengan kondisi visual yang terlihat dan prediksi kegagalan yang dapat terjadi. Pada kolom dengan retak miring pada daerah tumpuan diprediksi mengalami kegagalan geser karena kurangnya tulangan geser atau rendahnya mutu beton yang digunakan. Kerusakan seperti ini harus segera diperbaiki atau bahkan segera dibongkar apabila memang tidak memungkinkan untuk perbaikan. Perbaikan dapat dilakukan dengan memberikan perkuatan FRP pada kedua ujung kolom dalam bentuk U (Gambar 7) sehingga kegagalan geser dapat dihindari. Untuk retak vertikal pada tengah bentang balok dapat diperbaiki dengan menggunakan FRP yang dipasang sepanjang tepi bawah balok agar membantu balok menerima tegangan tarik akibat beban lentur yang

bekerja. Hal lain yang dapat dilakukan adalah memberikan kolom baja tambahan pada tengah bentang balok. Hal ini dapat dilakukan apabila kehadiran kolom tambahan ini tidak terlalu mengganggu aktivitas di ruangan tersebut.



Gambar 7. Penambahan FRP untuk kegagalan geser pada balok

Kerusakan pada struktur kuda-kuda rangka atap dapat diperbaiki dengan mengganti elemen-elemen batang yang mengalami kerusakan. Angkur perlu diberikan pada ampig agar tidak rusak bahkan jatuh pada saat gempa (Gambar 8).



Gambar 8. Hubungan angkur pada ampig sesuai standar

Penggantian elemen perlu dilakukan dengan terlebih dahulu menganalisis kebutuhan dimensi dalam menahan beban gravitasi maupun beban gempa vertikal yang mungkin terjadi di masa mendatang. Struktur rangka atap harus dipastikan terangkur dengan baik menjadi satu kesatuan dengan ring balok yang menahan beban rangka sekaligus mentransfernya ke kolom-kolom yang menyangga ring balok tersebut. Plafon yang merupakan elemen non-struktural juga perlu dipasang dengan memperhatikan kekuatan penggantung plafonnya. Detail penggantung dan hubungan dengan plafon harus mengikuti persyaratan yang ditetapkan.

Elemen non-struktural lainnya yang perlu diperhatikan adalah dinding, perkuatan dinding perlu dilakukan dengan beberapa alternatif. Alternatif pertama memastikan bahwa dinding terangkur dengan baik pada kolom struktural atau kolom tambahan yang dibangun untuk mengikat batu-bata

(Gambar 9). Ketiadaan angkur dapat mengakibatkan dinding retak atau bahkan terjatuh pada saat terjadi guncangan. Alternatif lain adalah memberi perkuatan ferosemen agar dinding lebih kaku dan berperilaku menahan gaya geser yang bekerja pada rumah tinggal akibat gempa. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah mutu plesteran harus standar sehingga tidak terkelupas pada saat mengalami guncangan.



Gambar 9. Pemasangan angkur pada dinding bata untuk memperkuat dinding terhadap beban gempa

### Kesimpulan

Hasil dari investigasi gedung sekolah secara visual menunjukkan kerusakan dari level sedang hingga berat. Kondisi ini memerlukan tindakan segera mengingat Cianjur merupakan daerah dengan risiko gempa tinggi. Perbaikan dan perkuatan sebagai tindakan mitigasi dapat dilakukan sesuai tingkat kerusakan yang terjadi, mulai dari penambahan kolom baru untuk balok yang mengalami lendutan berlebih atau penambahan perkuatan dengan menggunakan FRP. Untuk kolom dengan dimensi tidak memenuhi syarat dapat dilakukan penambahan dimensi (*concrete jacketing*). Untuk elemen non-struktural kerusakan yang terjadi pada umumnya adalah terkelupasnya plesteran dinding hingga kondisi berat berupa retaknya dinding sekolah karena tidak adanya angkur yang dapat menahan dinding. Penggunaan ferosemen sebagai pelapis bagian luar dinding untuk menahan guncangan baik arah lateral maupun tegak lurus bidang dinding direkomendasikan sebagai perkuatan.

### 17 Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada Dinas Pendidikan Kabupaten Cianjur yang mempercayakan investigasi dan mitigasi serta kepada Kepala Sekolah SD dan SMP terdampak yang memberikan penjelasan serta data yang dibutuhkan sehingga program pengabdian kepada masyarakat ini dapat terlaksana dengan baik.

### Daftar Pustaka

- Agustin, dkk. (2020). Aplikasi Metode Rapid Visual Screening (RVS) Dalam Monitoring Kerentanan Bangunan Pemerintahan Di Indragiri Hulu. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 16(1).
- ASCE 41-17. (2017). *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*. USA: American Society of Civil Engineer (ASCE).
- Farzad, Naeim. (2001). *The Seismic Design handbook*. (Second Edition). New York: Van Nostrand Reinhold.
- FEMA P-154. (n.d.). *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook*.
- James MacGregor & James K. Wight. (2012). *Reinforced Concrete Mechanics and Design*. Pearson Prentice Hall.
- Lampiran Salinan Peraturan Pemerintah No. 16 Tahun 2021, *Tentang Ketentuan Bangunan Rumah Tahan Gempa*.
- Majelis Guru Besar ITB. (2009). *Mengelola Risiko Bencana di Negara Maritim Indonesia*. Bandung: Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat ITB.
- R. Wallansa, S. Pramono. (2022). *Ulasan Ground Motion dan Respon Spektra, Gempa Bumi Cianjur*. BMKG.
- SNI 1726. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan non Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 2847. (2013). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- United State Geological Survey, "USGS Website," [Online]. Available: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us7000ir9t/pager>. [Diakses Agustus 2022].





ORIGINALITY REPORT

20%

SIMILARITY INDEX

20%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

|   |   |     |
|---|---|-----|
| 1 | <a href="http://prosesweb.bmkg.go.id">prosesweb.bmkg.go.id</a><br>Internet Source       | 5%  |
| 2 | <a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a><br>Internet Source       | 4%  |
| 3 | <a href="http://jurnal.sttkn.ac.id">jurnal.sttkn.ac.id</a><br>Internet Source           | 3%  |
| 4 | <a href="http://jrs.ft.unand.ac.id">jrs.ft.unand.ac.id</a><br>Internet Source           | 2%  |
| 5 | <a href="http://ia902708.us.archive.org">ia902708.us.archive.org</a><br>Internet Source | 1%  |
| 6 | <a href="http://feb.uika-bogor.ac.id">feb.uika-bogor.ac.id</a><br>Internet Source       | 1%  |
| 7 | <a href="http://iainpurwokerto.ac.id">iainpurwokerto.ac.id</a><br>Internet Source       | 1%  |
| 8 | <a href="http://docplayer.info">docplayer.info</a><br>Internet Source                   | <1% |
| 9 | <a href="http://pt.scribd.com">pt.scribd.com</a><br>Internet Source                     | <1% |

|    |   |      |
|----|---|------|
| 10 | <a href="http://lib.ui.ac.id">lib.ui.ac.id</a><br>Internet Source                                   | <1 % |
| 11 | <a href="http://www.kelaspintar.id">www.kelaspintar.id</a><br>Internet Source                       | <1 % |
| 12 | <a href="http://lecturedatabase.wordpress.com">lecturedatabase.wordpress.com</a><br>Internet Source | <1 % |
| 13 | <a href="http://pdfcoffee.com">pdfcoffee.com</a><br>Internet Source                                 | <1 % |
| 14 | <a href="http://ejournal.uin-suska.ac.id">ejournal.uin-suska.ac.id</a><br>Internet Source           | <1 % |
| 15 | <a href="http://www.ibnurusydy.com">www.ibnurusydy.com</a><br>Internet Source                       | <1 % |
| 16 | <a href="http://jurnal.stkipalmaksum.ac.id">jurnal.stkipalmaksum.ac.id</a><br>Internet Source       | <1 % |
| 17 | <a href="http://media.neliti.com">media.neliti.com</a><br>Internet Source                           | <1 % |
| 18 | <a href="http://data.sekolah-kita.net">data.sekolah-kita.net</a><br>Internet Source                 | <1 % |
| 19 | <a href="http://eprints.itenas.ac.id">eprints.itenas.ac.id</a><br>Internet Source                   | <1 % |
| 20 | <a href="http://diorhanam.wordpress.com">diorhanam.wordpress.com</a><br>Internet Source             | <1 % |
| 21 | Amin Suhadi, Eka Febriyanti, Tri Handayani, Rini Riastuti. "Pengaruh Suhu Dan Persentase            | <1 % |

Reduksi Terhadap Limit Drawing Ratio (LDR)  
Pada Proses Metal Forming Paduan 70Cu-  
30Zn [Effect of Temperature and Reduction  
Percentage to Limit Drawing Ratio (LDR) on  
Metal Forming of 70Cu-30Zn Alloy]",  
Metalurgi, 2016

Publication

---

Exclude quotes  Off

Exclude matches  Off

Exclude bibliography  On